مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

علوم العصر الكلاسيكي وأوائل العصور الوسطى:
849 ق.م. – 999 ميلادي



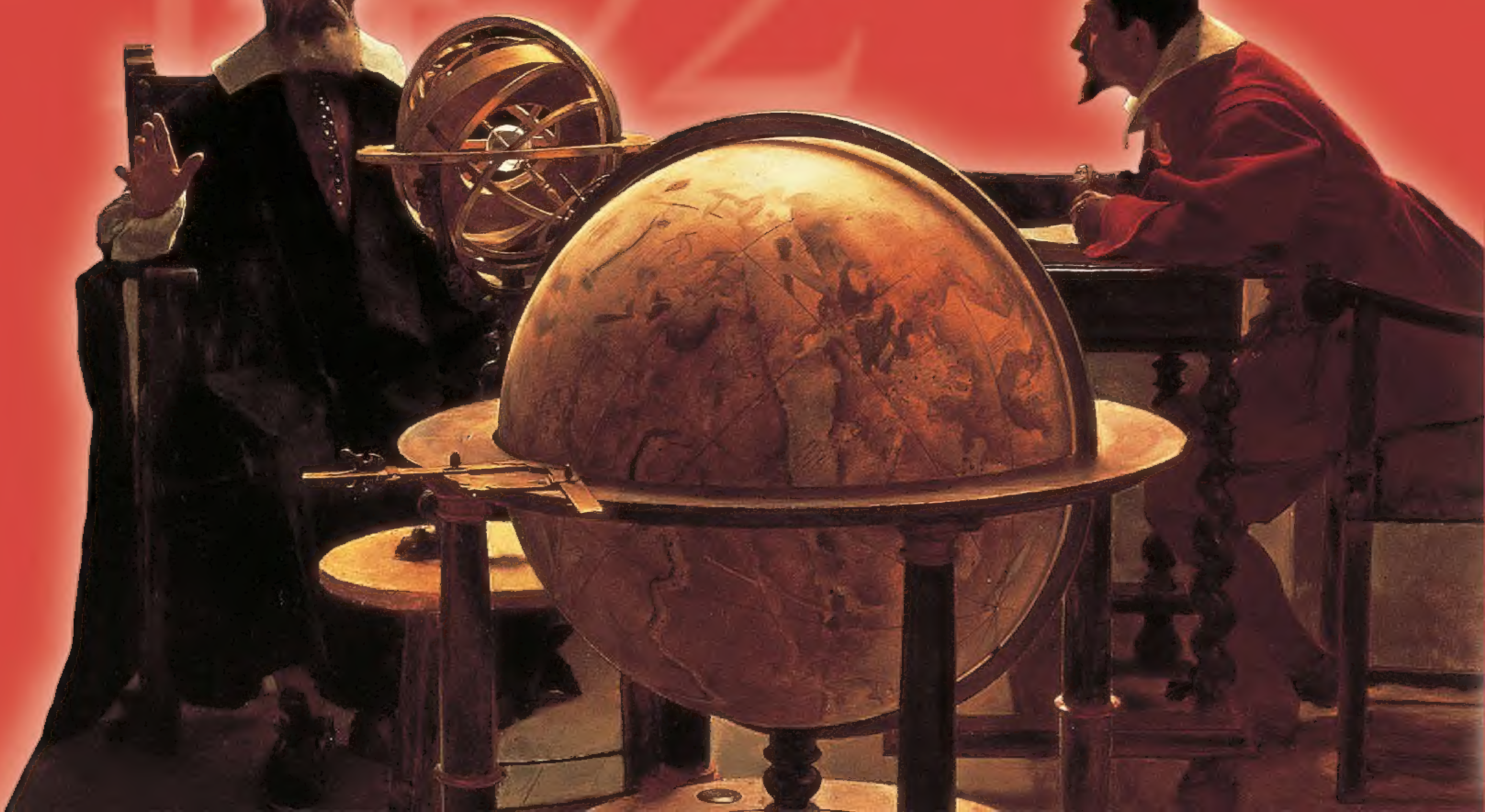
المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا



تأليف: جون كلارك وآخرون

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المجلد الثاني



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا

المجلد الثاني

علوم العصر الكلاسيكي وأوائل العصور الوسطى

849 ق. م. - 999 ميلادي

تأليف: جون كلارك
مع
مايكل ألابي وإيمي جان بيير

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المُراجع العلمي: د. أمل العازمي

الطبعة الأولى: الكويت - 2015

فهرسة
مكتبة الكويت الوطنية أثناء النشر

509 كلارك، جون.

الجداول الزمنية لتاريخ العلوم: timeline of science and technology/

جون كلارك، مايكل آلابي، إيمي جان بيير؛ ترجمة مصطفى معرفي. - ط 1 . - الكويت:

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 2015

10 مج. ؛ 24 سم.

1- العلوم - تاريخ

أ. العنوان ب. آلابي، مايكل (مؤلف مشارك)

ج. بيير ، إيمي جان (مترجم) د. معرفي، مصطفى (مترجم)

هـ. مؤسسة الكويت للتقدم العلمي (ناشر)

ردمك: 3-68-33-99966-978

رقم الإيداع: 459 / 2015

بسم الله الرحمن الرحيم



صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت



سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي العهد

Published by Grolier
an imprint of Scholastic Library Publishing,
Old Sherman Turnpike
Danbury, Connecticut 06816

Set ISBN 978-0-7172-6101-7
Volume 2 ISBN 978-0-7172-6103-1

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Timelines of science and technology
p. cm.
Includes bibliographical references and index
Contents: v. 1. Origins of science — v. 2. Classical and early medieval science — v. 3. Late medieval and Renaissance science — v. 4. The Scientific Revolution — v. 5. The Industrial Revolution — v. 6. The Age of Steam — v. 7. The Age of Electricity — v. 8. The Atomic Age — v. 9. The Space Age — v. 10. The modern world.
ISBN 978-0-7172-6101-7 (set : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6102-4 (v. 1 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6103-1 (v. 2 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6104-8 (v. 3 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6105-5 (v. 4 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6106-2 (v. 5 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6107-9 (v. 6 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6108-6 (v. 7 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6109-3 (v. 8 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6110-9 (v. 9 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6111-6 (v. 10 : alk paper)
1. Science-History. 2. Discoveries in science.
3. Technology-History. I. Grolier (Firm)

Q125.T587 2006
509—dc22 2005050387

For information address the publisher:
Grolier, Sherman Turnpike,
Danbury, Connecticut 06816

Printed and bound in Singapore.

FOR THE BROWN REFERENCE GROUP

Consultant: Erin Dolan, Virginia Polytechnic and State University, U.S.A.

Project Editor: Graham Bateman
Editor: Virginia Carter
Designer: Steve McCurdy
Research: Geoff Roberts
Production: Alastair Gourlay, Maggie Copeland
Editorial Director: Lindsey Lowe

PICTURE CREDITS
(t = top, b = bottom, c = center, l = left, r = right)

Cover: *Space Shuttle*, NASA Headquarters - Greatest Images of NASA; *19th-Century Steam Train*, Science Photo Library; *Galileo*, AKG-London

6b TopFoto; **7t** Araldo de Luca/Corbis; **7b** TopFoto; **8t** Dimitrios Harissiadis/TopFoto; **8b** Free Agents Ltd/Corbis; **10–11** Alinari Archives/Corbis; **12t** Gianni Dagli Orti/Corbis; **12–13** Enzo & Paolo Ragazzini/Corbis; **14b** Françoise De Mulder/Roger-Viollet/TopFoto; **15c** Roger-Viollet/TopFoto; **16t** TopFoto; **17** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **18t** Hulton-Deutsch Collection/Corbis; **18–19** Diego Lezama Orezzoli/Corbis; **19** Courtesy of Artzi and Avner Yarom, Oriental-Arms Limited; **20t** Science Photo Library; **20b** John Heseltine/Corbis; **22t** TopFoto; **23** Free Agents Ltd/Corbis; **24t** Werner Forman Archive/TopFoto; **24–25** TopFoto; **26t** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **26–27** TopFoto; **27c** TopFoto; **28t** Bettmann/Corbis; **28c** The British Library/TopFoto; **28b** Topfoto; **29** Marie Mathelin/Roger-Viollet/TopFoto; **30t** Roger-Viollet/TopFoto; **30b** Science Museum; **31t** The British Library/TopFoto; **31b** Courtesy of Stephen Selby, Asian Traditional Archery Research Network; **32t** Science Museum; **32b** David Lees/Corbis; **33t** Archivo Iconografico, S.A./Corbis; **33b** Science Museum; **34** Nik Wheeler/Corbis; **35c** Bettmann/Corbis; **35b** The British Museum/TopFoto; **36–37** Charles & Josette Lenars/Corbis; **38t** Science Photo Library; **38b** ©2004 Ann Ronan Picture Library/TopFoto; **39** Science Photo Library; **40t** Science Museum Libaray; **40b** TopFoto; **41c** TopFoto; **41b** ©Brill Academic Publishers, Leiden, courtesy of Donald B. Wagner; **42t** By courtesy of the Freer Gallery of Art, Smithsonian Institution, Washington, D.C.; **42b** Private Collection/ Werner Forman Archive; **43** Werner Forman/ Corbis; **44t** Werner Forman Archive/TopFoto

The Brown Reference Group has made every effort to trace copyright holders of the pictures used in this book. Anyone having claims to ownership not identified above is invited to contact The Brown Reference Group.

كيفية استخدام المجموعة
HOW TO USE THIS SET

يُغطي كلُّ مجلد من مجلدات هذه المجموعة فترة مفصلية من تاريخنا، نحن البشر وقد وضعنا هذه الفترات على الصفحتين 6–7 من المجلد الأول بالإضافة إلى المحتوى التفصيلي. يحتوي كلُّ مجلد على ثلاثة أنواع من المقالات. مقالات المسار الزمني التي تُعنى بجدولة الاكتشافات والابتكارات بحسب سنوات الفترة المعنية. وقد رتبت تفاصيل هذه المقالات على هيئة نطاقات مستعرضة ينتمي كل نطاق منها إلى حقلٍ من حقول المعرفة، بحيث تتمكن من رؤية العلاقة بين مجالات المعرفة العلمية بنظرة سريعة. كما تظهر الخلفية التي كتبت معلومات كل نطاق عليها – مثل الفيزياء أو الكيمياء – بلون مميز. وبين مقالات المسار الزمني تتوزع المقالات الخاصة مفصلة لنقاط محددة جاء ذكرها في المسار الزمني. تُوفر هذه المقالات وبُعمقٍ تركيزاً على خلفية الاكتشافات ومعلومات حول من لهم علاقة بالموضوع وتشرح طرق استخدام واستفادة البشر من هذه الاكتشافات أو الابتكارات. وعلى سبيل المثال، نجد في المجلد الثامن (الصفحات 28 – 29) مقالاً بعنوان «تطور الهيليوكوبتر (الحوّامة)»، وينبع من فقرة حول الحوامة من مقالة المسار الزمني للعام 1936 من صفحة 26. وتتضمن المقالات فقرات موضوعة داخل إطار بهدف الاستزادة من المعرفة وتوفر معلومات إضافية وتشرح في الغالب بعض المبادئ العلمية ذات الصلة بالموضوع. وأخيراً يُقدم محور الأعلام في نهاية كل مجلد سيرة مفصلة للأعلام أو المجموعات البشرية التي ورد ذكرٌ لها في المسار الزمني أو المقالات الخاصة، وبذلك تظهر الصورة الكلية لإنجازاتهم. باستخدام الأنواع الثلاثة للمقالات يمكن بناء صورة كلية للظروف التي أدت إلى لحظة الاختراق في مسار تقدم معين.

تلعب الصور والأشكال، مع شرحها، دوراً رئيساً في هذه المجموعة. وتشمل صور مطبوعات قديمة وصوراً ضوئية حديثة وإعادة بناءٍ فني ومخططات توضيحية.

هناك عددٌ من المُعينات التي تساعدك في الإبحار خلال هذه المجموعة. أسماء الأعلام الواردة سيرهم في جزء الأعلام طبعت كلها بالبُنط الأسود الغامق، مثل **الفريد توبل**. عاش بعض الأفراد وعمل خلال فترات يغطيها أكثر من مجلد واحد، ولذلك يأتي ذكر بعض الأعلام في مراحل تاريخية مختلفة، ولهذا السبب فإن ظهور اسم علم ما بالبُنط الأسود الغامق في مجلد ما لا يعني بالضرورة عرض سيرته بين الأعلام في المجلد نفسه، ولتحديد سيرة شخص معين يُنصح بالرجوع إلى المسرد الذي يبدأ من الصفحة 53 من كلِّ مجلد. علاوة على ذلك طبعت أسماء بعض الأعلام بالبُنط الأسود الغامق المائل، ***مايكل فراداي*** على سبيل المثال. تُشير هذه الطريقة في كتابة اسم العلم على أنه موضوع مقالة خاصة (في مثالنا المقالة بعنوان طبيعة الضوء على الصفحتين 28–29 من المجلد الرابع). ونُعيد، بأن الطريقة الصحيحة للبحث عن مكان الموضوع هي الاستعانة بالمسرد.

تجد في أعلى غالبية المقالات مراجع ذات صلة بموضوع المقالة.

يحتوي كلُّ مجلد على مُعجم لبعض المصطلحات الواردة، ويُساعد المُعجم في فهم معنى بعضٍ المصطلحات غير المألوفة للقارئ. كما يحتوي كل مجلد في نهايته على مراجع ومواقع على الشبكة المنكبوتية (الويب) يمكن للقارئ الاستعانة بها للاستزادة في المعرفة، وأخيراً، نشير إلى أن مسرد المجموعة يضم أسماء الأشخاص والموضوعات المهمة التي تغطيها المجموعة.



تُعيد الصور الضوئية الحديثة الحياة إلى النصوص

إطار التواريخ المفصلية يُبرز الإنجازات الرئيسة

الشروحات التخطيطية تُوضح المبادئ العلمية أو التكنولوجية

مقالات المسار الزمني تُجدول الابتكارات أو الاكتشافات سنة بسنة

استخدام البُنط العريض المائل يشير إلى أن العَلم موضوع مقالٍ تفصيلي خاص

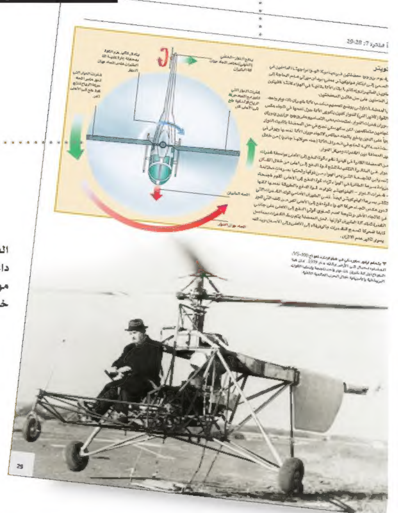
علوم العصر الكلاسيكي وأوائل العصور الوسطى
(849 ق.م. – 999 ميلادي)

من المسلم به أن أوائل من يمكن تسميتهم بالعلماء هم الفلاسفة الإغريق، مثل أفلاطون وأرسطو، والذين عاشوا خلال القرن الرابع قبل الميلاد. ومن بين معاصري تلك الفترة إقليدس الذي اشتهر كعالم في علوم الرياضيات، وكذلك أرخميدس الذي شاعت شهرته بعد قرن من تلك الفترة. تجدر الإشارة إلى أن أرخميدس كان مهندساً متميزاً أيضاً. وفي القرن الثاني الميلادي أسس الفلكي الإغريقي بطليموس علم الجغرافيا كحقل رئيس من الحقول العلمية. تعني مفردة الفيلسوف في اللغة الإغريقية «محب الحِكمة»، وقد استقطب الفلاسفة الإغريق عدداً من المريدين والتلاميذ الذين نهلوا من ينبوع حكمتهم ونقلوها إلى الأجيال التالية. وتُعتبر مدارسهم، أو المعاهد كما أسموها، أولى الجامعات في العالم، كما أنهم شيدوا المكتبات لحفظ مخطوطات المعارف والتي يمكن الرجوع إليها.

كان الإغريق شعباً عملياً أيضاً، ولذلك طبقوا مبادئ معارفهم العلمية في العمارة فشيدوا المعابد الضخمة في أوطانهم والمناطق التي احتلوها. استمر تقليد التطبيق العملي للمبادئ النظرية مع الرومان الذين شيدوا القنوات المائية الكبيرة لتوفير المياه لمدنهم، وكذلك شيدوا نظاماً للطرق امتد مسافة 50,000 ميل (80,000 كم) عبر المساحة الشاسعة لإمبراطوريتهم التي امتدت من إسكتلندا إلى سوريا. ومثلما فعل الإغريق ابتكر الرومان عدداً من الآلات شملت الساعات والروافع (الكرين) والمنجنيق والدواليب المائية.

وخلال الفترة نفسها تقريباً تطورت العلوم والتقانات، وبشكل مستقل عن حضارات حوض البحر الأبيض المتوسط، عند حضارات أخرى في العالَم: شيدت شعوب بلاد الرافدين الأهرامات التي نافست الأهراماتِ المصرية القديمة، وفي شمال الهند خدم المدن القديمة نظام معقد للقنوات المائية، وفي الصين صاحبت التطورات في علم الفلك والرياضيات تقانات وابتكارات متطورة مثل المحاريث المتطورة والسفن واختراع الطباعة.

المقالات الخاصة توفر تفصيلات حول موضوع معين



الفقرات الموضوعة داخل إطار تغطي موضوعاتٍ ذات أهمية خاصة

مراجع ذات صلة في متن المجلد نفسه أو مجلدات أخرى

الصفحات الخاصة بالأعلام تُوفر سيرة مفصلة لها





اسم العَلَم المكتوب بالبُنط العريض يوجِّه القارئ إلى مقالات الأعلام

توفير التعليقات الواضحة المصاحبة للرسومات أو الصور الضوئية

النطاقات الملونة تفصل بين حقول العلم والتكنولوجيا المختلفة

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

763 ق.م. يرصد ويوثق الفلكيون البابليون خسوفاً شمسياً. وبعد حوالي 30 سنة يرصد الصينيون الظاهرة أيضاً.

550 ق.م. يتوصل عالم الرياضيات اليوناني **فيثاغورث** (حوالي 580–500 ق.م.) إلى العلاقة بين طول الوتر المهتز وطبقة النغمة الصادرة.

434 ق.م. يضع الفيلسوف الأيوني **أناكساغورس** (حوالي 500–428 ق.م.) فرضية أن الشمس صخرة ملتهبة.

430 ق.م. يطرح عالم الرياضيات الإغريقي ***زينو الإيلي*** (حوالي 490–430 ق.م) أربع مفارقات رياضية يتحدى بها مفهومي الفضاء والزمن السائدين حينئذ.

يشمل النموذج التقليدي لمفارقة مضمار سباق زينو سباقاً بين البطل الإغريقي الأسطوري أخيل وسلحفاة. ونظراً لأن أخيل أسرع من السلحفاة بعشرة أضعاف يبدأ الانطلاق من نقطة البداية بعد قطع السلحفاة 33 قدماً (10 م)، وبذلك فإنه عند قطع أخيل 33 قدماً (10 م) تبلغ السلحفاة نقطة تبعد عن نقطة البداية 36 قدماً (11 م). وعند وصول أخيل إلى هذه النقطة يكون بعد السلحفاة ستة وثلاثين قدماً ونصف (11.1 م) عن نقطة الأصل، وهكذا تقل المسافة بين الاثنين إلى نصف ما كانت عليه. ويبدو أن أخيل لن يلحق بالسلحفاة أبداً بحسب الفرضيات الموضوعة.



العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

750 ق.م. يشير الشاعر الإغريقي هومر إلى عملية حرق الكبريت لمعالجة النباتات ومن ثم إبادة الحشرات.

600 ق.م. يصنع شعب المايا في أمريكا الوسطى شراب الكاكاو من حبوب شجر الكاكاو.

560 ق.م. يستنبط الشاعر والفيلسوف الإغريقي **كزينوفينس الكلوفوني** (اشتهر خلال القرن السادس قبل الميلاد) أن الأرض برزت من البحر في وقت ما. واستند في نظريته هذه على وجود قواقع بحرية على قمم الجبال.

535 ق.م. يقوم الطبيب والفيلسوف الإغريقي **الكميون** (اشتهر خلال القرن السادس قبل الميلاد) بتشريح الحيوانات لدراسة هيكلها الداخلي (علم التشريح).

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

800 ق.م. يستخدم **المصريون** حاضنات اصطناعية لفقص البيض.

700 ق.م. يستخدم البحارة **الفينيقيون** البيريم (زورق بصفي مجاديف). يضيف صانعو السفن الإغريق فيما بعد قطعاً مدببة في واجهة السفينة على مستوى سطح الماء ليجعلوا منها سفينة حربية أكثر فعالية.

691 ق.م. يبني الملك **الآشوري سنحاريب** (حكم في الفترة 705–681 ق.م) قناة بطول 50 ميلاً (80 كم) من رافد نهر زاب الكبير إلى عاصمته نينوى (الموصل حالياً) لتوصيل المياه.

600 ق.م. ينتج الرسام وصانع المعادن الإغريقي كلوشس الكيوسي (اشتهر خلال القرن الخامس قبل الميلاد) سبيكة سهلة الانصهار استخدمها في لحم المعادن.

530 ق.م. يُشيد المهندس الإغريقي **أوباليتوس الميغاري** (اشتهر خلال القرن السادس قبل الميلاد) نفقاً عبر جبال ساموس بطول 3,600 قدماً (1,100 م) لنقل المياه بين أرجاء الجزيرة.



ضمت الجيوش المرعبة للملك الفارسي داريوش رُتب حاملي الرماح.

515 ق.م. يُدخل الفيلسوف الأيوني **أناكسيماندر المليتوسي** (حوالي 611 – حوالي 547 ق.م.) الساعة الشمسية (المزولة) إلى اليونان كوسيلة لمعرفة الوقت.

513 ق.م. يُشيد الملك الفارسي داريوش (حوالي 558 – حوالي 480 ق.م.) جسراً عائماً بطول 2,000 قدم (600 م) لتقل جنوده الغزاة عبر البوسفور (بقرب إسطنبول الحالية).

424 ق.م. يستخدم المهاجمون الأثينيون على مدينة ديلون الإسبرطية في الحرب التي دارت بينهما، قاذفات لهب تتكون من أنبوب يحتوى فحماً نباتياً مشتعلاً ممزوجاً بالكبريت والقار، يوضع قاذف اللهب على عربة بعجلات ويتم إطلاق الشعل بواسطة منفاخ.

399 ق.م. يأمر **ديونيسوس السركيوزي الأكبر** (حوالي 431 – حوالي 367 ق.م.) بتطوير أسلحة جديدة في الحرب ضد الإغريق والقرطاجيين،من ضمن الأسلحة منجيق يطلق السهام بشكلٍ متصل (رشاش).

انظر أيضا القوارب الأولى **1**: 36–37؛ الطرق والقنوات المائية الرومانية **2**: 22–23؛ حضارة المايا **2**: 24–25؛ الراجمات القديمة **2**: 26–27

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

400 ق.م. يستخدم **الصينيون** لوح العد والعصي المصنوعة من أشجار البامبو لإجراء العمليات الحسابية وتسجيلها.

400 ق.م. يستحدث علماء الرياضيات المايون نظام حساب أساسه الرقم 20 ويبين موضع الرمز المستخدم للعدد قيمته، كما يخصصون رمزاً للعدد صفر.

387 ق.م. يفتتح الفيلسوف الإغريقي **افلاطون** (حوالي 428–348 ق.م.) معهداً لتعليم الفلسفة وإجراء الأبحاث العلمية في مدينة أثينا.



تمثل هذه اللوحة الفسيفسائية معهد الفيلسوف الإغريقي افلاطون في عام 387 ق.م.

330 ق.م. يضع العالم والفيلسوف الإغريقي *ارسطو* (384–322 ق.م.) فرضية مركزية الأرض في الكون ودوران الشمس والقمر والكواكب والنجوم حولها.

300 ق.م. ينشر عالم الرياضيات الإغريقي **إقليدس** (اشتهر عام 300 ق.م.) كتاب «*العناصر*» يعالج فيه النظريات الهندسية.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

400 ق.م. في حوالي هذه الفترة يصف الطبيب الإغريقي **أبيقراط الكوسي** (حوالي 460–377 ق.م.) تشريح جسم الإنسان بالإضافة إلى وصفه عدداً من الأمراض، كما يتوصل إلى ربط بعض الأمراض بالعوامل البيئية، مؤكداً في الوقت نفسه على الأسباب الطبيعية لبعضها. جرى العُرف على اعتبار أبيقراط مصدر القسم الطبي المعمول به حتى الآن.

350 ق.م. يضمن العالم والفيلسوف الإغريقي *ارسطو* (384–322 ق.م.) علوم الحياة في مبادئه الفلسفية، ويضع تصنيفاً للحيوانات والنباتات.

340 ق.م. يتوصل الطبيب اليوناني **براكساغورس الكوسي** (اشتهر خلال القرن الرابع قبل الميلاد) إلى التمييز بين الشرايين والأوردة (مؤكداً أن الشرايين وحدها تنبض).

300 ق.م. ينشر الفيلسوف الإغريقي **ثيوفراستوس الأرسوسي** (حوالي 372 – حوالي 287 ق.م.) دراسة تفصيلية تحوي 550 نوعا من النباتات، وبعد خمس سنوات ينشر كتاباً آخر تحت عنوان دي لابيدابوس (حول الأحجار) يصف فيه 70 نوعا من الأملاح المعدنية.

290 ق.م. يحدد عالم التشريح الإغريقي **هيروفيلوس الإسكندري** (حوالي 335 – حوالي 280 ق.م.) المعي الاثني عشر (الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة بعد المعدة) وكذلك غدة البروستاتا في المسالك البولية للرجال.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

350 ق.م. بحسب ما ذكره الفيلسوف الإغريقي **ثيفراستوس الأرسوسي** (حوالي 372 –حوالي 287 ق.م.) بدأ صناع المعادن في اليونان وإيطاليا باستخدام الفحم وقودا.

312 ق.م. يأمر السياسي والجنرال الروماني أبيوس كلوديوس كاكوس (اشتهر خلال القرن الرابع قبل الميلاد) بتشييد قناة أكوا أبيبا لجلب المياه إلى مدينة روما من تلال سابين، وهو المسئول أيضاً عن بناء فيا أبيبا (طريق أبيبا)، أول الطرق الرومانية العظيمة، يمتد الطريق من روما جنوباً إلى كابوا وإلى برنديس في مرحلة لاحقة.

283 ق.م. يُشيد المهندسون الإغريق منارة الإسكندرية الفرعونية بارتفاع 380 قدماً (115م) في الإسكندرية بمصر، تعتبر المنارة إحدى العجائب السبع في العالم القديم. ويبدو أن زلزالاً دمر المنارة عام 1375.



بلغ ارتفاع المنارة الفرعونية في الإسكندرية 380 قدماً (115م) وتعتبر إحدى العجائب السبع للعالم القديم. اللوحة بريشة فنان من القرن التاسع عشر.

GREEK TEMPLES AND TOMBS

المعابد والمقابر الإغريقية

اعتقد الشعب الإغريقي بالعديد من الآلهة، كلٌ له خصائصه المحددة، ولذلك توجه الناس إلى بعض هذه الآلهة لاستجابة صلواتهم المعينة أكثر من غيرهم.



▲ يعتقد أن هذا المجسم من عمل النحات بوليكليتوس في القرن الخامس قبل الميلاد، يصور رأس الإلهة هيرا زوجة ملك آلهة الإغريق زيوس.

بحسب معتقدات الإغريق، تشبه الآلهة الناس ويعيشون في أماكن عرفت بالهياكل المقدسة، مثل الغابات والبساتين والكهوف وقمم الجبال، حيث بنى الناس فيها مقاماتٍ مقدسة تضم مذابح يضع العابدون القرابين عندها. وفرت بعض المعابد التي كان يديرها الكهنة العلاج، كما أن الكثير منها كان مواقع للألعاب الرياضية المختلفة، فالألعاب الأولمبية كان تجري مرة كل أربع سنوات في الهيكل على قمة جبل أولمبيا الذي يعود تاريخه إلى حوالي عام 1000 ق.م.

كان الاتصال مع الآلهة في بعض المعابد يتم عبر وسيط روحاني يقدم النصح لزواره (ساد الاعتقاد بأن للوسيط قدرة على التحدث إلى الآلهة مباشرة)، ويعتبر الوسيط بايثيا – وسيط الوحي في مزار أبولو بمدينة دلفي – أشهر وسيط روحاني. مع بداية عام 582 ق.م. أقيمت الألعاب البايثية (نسبة إلى الوسيط بايثيا) وتوالى إقامتها كل ثلاث سنوات بعد ذلك (السنة الرابعة بين نهاية دورة ألعاب أولمبية وبداية أخرى). كانت غالبية الوسطاء تسكن حجرات مبنية تحت الأرض، لكن بايثيا أتخذ له كرسياً ذا ثلاث قوائم في غرفة ذات سقف منخفض. وقد دمرت النيران أول معبد شيد في دلفي عام 548 ق.م.، لكن من الواضح أن الحاجة إلى إسكان الوسيط وتوفير سكنى للكهنة والمسئولين الآخرين والمتسابقين دعت إلى بناء المعابد ضمن المباني.

نبعت الحضارة الإغريقية من الحضارة الميونية التي أسسها المستوطنون الذين قدموا من الأناضول (تركيا حاليا) واحتلوا جزيرتي قبرص وكريت وأجزاء من اليونان عام 3000 ق.م. كان الإله الأعظم عند الميونيين أنثى وصُور على هيئة امرأة. وبعد عام 2000 ق.م. تزايد تركيز السلطة في يد حاكم مدينة كنوسوس في جزيرة كريت. وعلى مقربة من قصر مدينة كنوسوس اكتشف معبد يضم قبرا يعود تاريخه إلى حوالي عام 1900 ق.م.، مما يشير إلى عبادة الميونيين لملوكهم باعتبارهم آلهة.

أما الجزء الأكبر من الأراضي اليونانية فقد استوطنته شعوب قدمت من أجزاء أخرى من آسيا فأسست الحضارة المايسينية في حوالي عام 2600 ق.م. وفي نهاية المطاف تفوقت الحضارة المايسينية وحلت محل الحضارة الميونية في المنطقة. كانت آلهة المايسينيين تعيش داخل القصور الملكية.

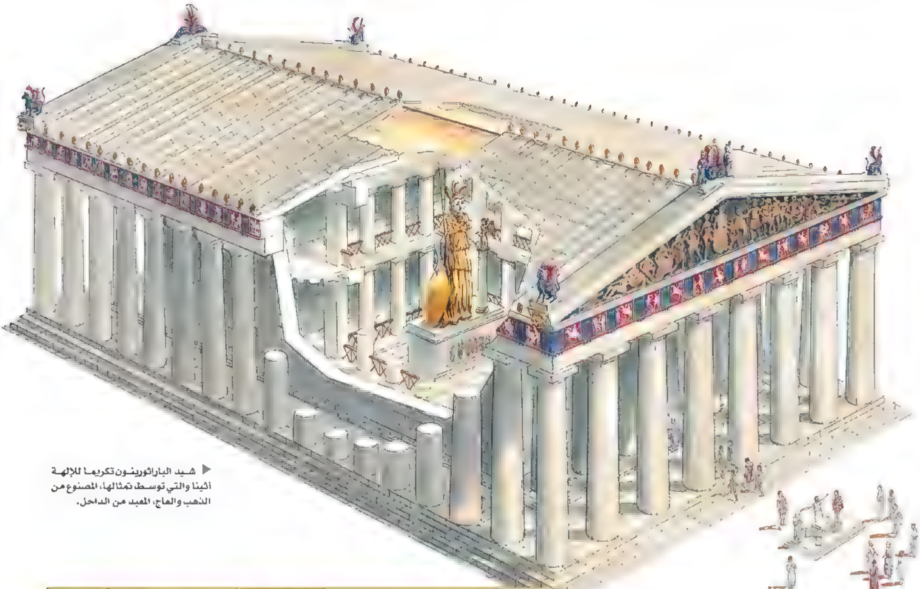
عندما بدأ الإغريق تجسيد آلهتهم بأصنام كبيرة، برزت الحاجة إلى حمايتها من عوامل الطقس؛ ولذلك شيدوا مبانٍ (معابد) توضع الأصنام فيها أسموها *ناوي* (والتي تعني حرفياً السكن)، وكان الصنم ينصب في غرفة في مركز المبنى بابه باتجاه الشرق وأطلقوا على هذه الغرفة مُسمى *سيلا* (المقدس). شيدت المعابد في البداية باستخدام الخشب والطوب الطيني وصنعت الأصنام من الخشب، لكن تحلل المعابد مع مرور الزمن أدى إلى إعادة بنائها باستخدام الأحجار والطوب، اتخذت المعابد شكلَ مستطيلٍ على محور الشرق – الغرب، ويؤدي رواق مسقوف مدعوم بأعمدةٍ إلى المدخل في أحد جانبي المبنى. أما المعابد التي شيدت بعد ذلك فقد صممت بحيث يكون الرواق في أي جانب وأحيط المعبد من الخارج بالأعمدة. وبحسب الاكتشافات الأثرية فإن أول معبد تحيط به الأعمدة هو معبد هيرا (هيرايون) في جزيرة ساموس وقد شيد في حوالي عام 750 ق.م. وهناك معبد آخر لهيرا شيد على جبل أولمبيا حوالي عام 600 ق.م. كانت الأعمدة في الأصل من الخشب ثم استبدلت بأعمدة حجرية فيما بعد. ضم معبد هيرا في أولمبيا ستة أعمدة على جانبي الأعمدة الـ 16 المقامة على امتداد كل ضلع من أضلاع الشكل المستطيل للهيكل، علاوة على ذلك ضم *السيلا* مجسماً لهيرا نفسها وآخر لزوجها زيوس وثالث لهرميس.

شيد معبد بارثينون على تلال الأكروبولس (أعلى قمة) في مدينة أثينا ويعتبر أكبر المعابد الإغريقية وأكثرها شهرة، وتم بناؤه بالرخام الأبيض. وقد شيد المعبد تحت إشراف النحات الإغريقي فيديا، وبدأ العمل في بنائه عام 447 ق.م. ليكتمل عام 438 ق.م.



▶ *الثولوس* معبد دائري الشكل. والمعبد المبين شيد في حوالي عام 390 ق.م. في مدينة دلفي. احتوى المعبد في الأساس 20 عموداً اسطوانياً على امتداد محيطه الخارجي.

انظر أيضا بناء الأهرامات 1: 32-33؛ أرسطو 2: 10-11؛ أرخميدس 2: 16-17



◀ شيد البارثورينون تكريما للإلهة أثينا والتي توسط تمثالها، المصنوع من الذهب والعاج، المعبد من الداخل.

رغم أن الزخارف الخارجية لم تكتمل حتى عام 432 ق.م. كُرس معبد بارثينون للإلهة أثينا بارثينوس (أثينا العذراء).

أصبحت اليونان جزءاً من الإمبراطورية الرومانية بحلول عام 146 ق.م.، وعندما أصبحت المسيحية الديانة الرسمية للإمبراطورية حاول عدد من أباطرتها إبادة الديانة الوثنية للإغريق. لكن المراسيم الإمبراطورية بهذا الشأن لم يكن لها تأثير يذكر باستثناء منع الإمبراطور ثيودورس الأول (347-395) إقامة الألعاب الأولمبية عام 394. لذلك تمسك الإغريق بمعتقداتهم الدينية التقليدية، وكان تحولهم إلى الديانة المسيحية بطيئاً، لكن بمرور الزمن سادت المسيحية أرجاء اليونان لتتحول المعابد الإغريقية إلى كنائس مسيحية. تحول البارثينون إلى كنيسة بيزنطية ومن ثم إلى كنيسة للروم الكاثوليك، كما أن معبد أثينا في مدينة سركيوز بجزيرة صقلية، شيد ما بين عامي 474 ق.م. و 460 ق.م.، تم تحويله إلى كنيسة مسيحية عام 640، ويُعرف الآن بالكاثيدرائية، وتم تحويل معبد كونكورد في مدينة أغريجنتو في جزيرة صقلية، بني في القرن الخامس قبل الميلاد، إلى كنيسة عام 597.

كان من تقاليد الإغريق حرق جثث الموتى وحفظ رمادهم في وعاء خاص لذلك، ويضم قبر اكتشف في جزيرة إيفويا (يوبويا) رفات رجل وآخر لامرأة يعود تاريخهما إلى حوالي عام 1000 ق.م. وقد وضع رماد الرجل في وعاء برونزي ودفن مع المرأة أنواع مختلفة من المشغولات الذهبية. كما يدل وجود شكيمة (القفص الحديدي الذي يوضع على فم الجواد) على دفن جواد في القبر أيضا. والواضح أن المبنى الذي ضم القبر كان غاية في الفخامة.

تخليد الأموات

بدأ الإغريق في القرن السادس قبل الميلاد نحت المسلات (نصب منحوت من قطع من الأحجار) تخليداً لموتاهم، كانت المسلة تنحت على هيئة الشخص المتوفى في البداية، لكنه أخذ فيما بعد طابعاً تصويرياً لأثر أو خاصية من خصائصه. النصب في الصورة لامرأة تحمل حمامتين، رمز أفروديت، إلهة الحب والخصوبة. شاع تلوين الأنصاب والمجسمات، ولذلك يحتمل أن هذا النصب كان زاهياً بالألوان في الأصل. ولقد استخدم النحاتون الإغريق أدوات معدنية لتشكيل النصب من الحجر – في الغالب أحجار الرخام أو الأحجار الكلسية. كانت الأحجار تقطع من سطوح المقالع بطرق قضيب معدني على شكل إزميل حاد عند الفواصل الطبيعية للصخور. ويتم بعد ذلك نشر الكتل الصخرية إلى كتل أصغر.

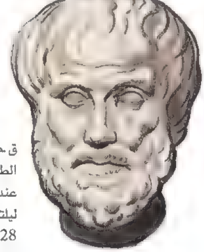


شملت المعتقدات الإغريقية عقيدة تقول بأن كل فرد بعد الممات ينتقل إلى بيت حادس، إله ما تحت العالم. ونظراً لعدم تساوي الناس في خصائصهم في الحياة الدنيا، فالبعض أكثر شجاعة أو قوة أو حكمة أو كرماً من غيرهم، ساد الاعتقاد عند الإغريق في القرن الثامن ق.م. أن الأفراد من ذوي الخصائص الفائقة يحتفظون بها في بيت حادس، وبذلك تُضمن لهؤلاء مكانة عالية بعد الموت مما يؤهلهم للاستمرار في مساعدة الأحياء، ومن هذا المنظور أصبح الأفراد المميزون دنيوياً أبطالاً بعد مماتهم وبنيت المعابد تخليداً لهم.



أرسطو (384 - 322 ق.م.)
ARISTOTLE (384–322 B.C.)

هناك عددٌ يسيرٌ من الأفراد أثروا في التاريخ البشري في مجالات شتى، وأرسطو واحدٌ من هؤلاء إذ غطت انجازاته كل حقل معروف في زمانه وتعلمت الأجيال منه في حقول متشعبة شملت السياسة وعلم المنطق وعلم الأرصاد والفيزياء والعلوم اللاهوتية.



▲ يتصدر التمثال النصفي المشهور لأرسطو العديد من المراكز الثقافية في الغرب، وعلى الرغم من ضياع العديد من أعماله المكتوبة شكلت أفكاره أسس الفلسفة الغربية المعاصرة.

ولد أرسطو في مرفأ ستاجيروس في مقدونيا عام 384 ق.م.، ولعله أكثر مفكر تأثيراً على مر العصور، كان والده الطبيب الخاص لملك مقدونيا إمينتاس الثالث وتوفي والداه عندما كان طفلاً. أرسله الوصي عليه عام 367 ق.م. إلى أثينا ليلتحق بالمعهد الذي أسسه الفيلسوف العظيم **أفلاطون** (حوالي 428 -حوالي 348 ق.م.). توفي أفلاطون عام 348 ق.م. في وقت اجتاحت أثينا مشاعر العداء للمقدونيين، مما دفع أرسطو إلى مغادرتها ليقضي بضع سنوات متنقلاً في آسيا الصغرى عاكفاً على دراسة التاريخ الطبيعي.

بوفاة الملك أمينتاس الثالث عام 342 ق.م. خلفه ابنه فيليب الثاني الذي دعي أرسطو ليكون معلم ابنه البكر ذي 14 ربيعاً - إسكندر - الذي أصبح فيما بعد الإسكندر الأكبر. لكن، وبعد اغتيال فيليب الثاني عام 336 ق.م. ، لم يعد لدى الإسكندر وقت للدراسة، وبذلك عاد أرسطو إلى أثينا مجدداً. أنشأ أرسطو عام 335 ق.م. مدرسته الخاصة في أثينا وأطلق عليها اسم لايسيوم نظراً لقرب موقعها من موقع معبد لايكويس (أبولو الإله الذئب). كما عرف المعهد أيضا بمعهد المشائيين (أو الأرسطوطاليسيين) نسبة إلى عادة أرسطو بإلقاء محاضراته وهو يتمشى في الحديقة. لكن مشاعر العداء للمقدونيين عادت مرة أخرى بعد موت الإسكندر الأكبر فاضطر أرسطو إلى الفرار إلى تشاليسس (خاليكس حاليا) في جزيرة أوبيا، مسقط رأس أمه، وبقي أرسطو هناك حتى وفاته عام 322 ق.م.

تشعبت اهتمامات أرسطو بشكل كبير وخلدت تعاليمه في 47 دراسة في الفلسفة وعلم المنطق والفيزياء وعلم الأرصاد والكونيات، وقد نقحت أعماله بعد فترة طويلة من وفاته.

وضع أرسطو القواعد الرسمية لعلم المنطق في مدونته المعنونة *أورغانان* - فن التفكير المنطقي- بداية من وضع نص للقضية وصولاً إلى الاستنتاج الحتمي، وبقي هذا المنهج أساس علم المنطق إلى أن استحدث أسلوب المنطق الرمزي، وهو منطق قريب إلى الأسلوب الرياضي، في القرن التاسع عشر ميلادي، ومازال طلاب المنطق حتى يومنا هذا يدرسون منهج أرسطو كمدخل للأسلوب الرمزي. ويحتوي كتابه فيزيكا (الفيزياء أو الطبيعة) على دراساته في علمي الفيزياء والكونيات، وحاول أرسطو في تحفته ميتورلوجيكا (علم الأرصاد) تقديم تفسيرات طبيعية لظواهر الطقس، ومن عنوان هذا العمل نشتق اليوم مفردة «ميترولوجي» (علم الأرصاد).

من بين أعماله الأقل نجاحاً كتاب *دي كالو* (حول السموات) والذي بسط فيه أفكاره في علم الكونيات، يبين أرسطو في هذا الكتاب رفضه لمفهوم اللانهاية واعتقاده أن الكون يتكون من مجموعة من الأشكال الكروية متحدة المركز حول الأرض (مركز الكون)، واستند نقاش أرسطو على أن افتراض وقوع الكرة الخارجية الأبعد على مسافة لامتناهية عن المركز يعني استحالة أن تكمل دورتها في زمن محدود. كما رفض أرسطو مفهوم وجود الفراغ بانياً ذلك على الاعتقاد بأن الجسم المتحرك في الفراغ تزيد سرعته إلى مالانهاية لعدم وجود مقاومة لحركته.

وفيما يتعلق بتركيب المادة قبل أرسطو الأفكار السائدة حينئذ باعتبار العناصر الرئيسة أربعة - الأرض والهواء والماء والنار، لكنه أضاف إليها عنصراً خامساً «الأثير» وهو العنصر الذي تتشكل منه السموات. واعتنق أرسطو فكرة وجود قوانين تتحكم في مسار الأرض تختلف عن تلك المتعلقة بالسموات، فكل شيء على الأرض دنسٌ ومتغير، بينما السموات أزليةٌ ثابتةٌ وكاملة.

أثبت أرسطو كروية الأرض بملاحظة أن شكل ظل الأرض على القمر وقت خسوفه مقوس، كما لاحظ أيضا أنه خلال السفر شمالاً أو جنوباً تظهر نجوم جديدة في أفق البصر وتختفي أخرى في الأفق المقابل، ونظراً لأن هذه الظاهرة تبدو جلية للعيان بعد قطع المرء مسافات قصيرة، استنتج أرسطو أن الأرض ليست كبيرة جداً، وبناء على حساباته قدر أرسطو قطر الأرض بحوالي 50% من طوله الفعلي.

كان أرسطو أكثر نجاحاً كعالم أحياء، فقد كان ملاحظاً شديد الدقة في مشاهداته وصنف أكثر من 500 نوع من أنواع الحيوانات ووضعها ضمن تسلسل هرمي، ومع ملاحظته أن

تواريخ مفصلية

- **384** ق.م. ولادة أرسطو في مدينة ستاجيروس.
- **367** ق.م. التحاق أرسطو بمعهد أفلاطون في أثينا .
- **347** ق.م. ترك ارسطو اثينا.
- **342** ق.م. تعيين أرسطو معلماً للإسكندر.
- **336** ق.م. إصبح الإسكندر ملكاً وعودة أرسطو إلى أثينا.
- **335** ق.م. إنشاء أرسطو لمعهد لايسيوم.
- **323** ق.م. موت الإسكندر ولجوء أرسطو إلى تشاليس.
- **322** ق.م. وفاة أرسطو.



▲ لوحة «معهد أثينا» بريشة فنان عصر التنوير (النهضة) رافائيل عام 1510م. تصور الجدارية أفلاطون وأرسطو وعدداً آخر من الفلاسفة القدماء في محاورة أكاديمية.

أجنة الدلافين تتغذى عبر المشيمة في رحم أمها وتبقى حية حتى الولادة صنفها ضمن الحيوانات البرية وليس الأحياء المائية، وعلى عكس ذلك صنف سمك القرش ضمن الأسماك نظراً لأن صغارها تولد دون مشيمة. كما لاحظ أيضاً عدم وجود حيوانٍ يمتلك الناب والقرون معاً في آن واحد. ووصف أرسطو أيضاً آلية نمو الصيصان وكذلك الحجرات الأربع لمعدة البقر.

استخدم أرسطو عدداً من أساليب التصنيف أهمها المبنية على «الحركة أو القدرة على الانتقال» وآلية التكاثر، اعتنق أرسطو فكرة مفادها أن الحركة مصدرها ما أسماه «الحرارة الداخلية» التي تنبع من القلب وتسري مجرى الدم إلى بقية أجزاء الجسد لتبرد عند وصولها المخ. من هذا المنطلق قسم الأحياء إلى نوعين: نوع يمتلك الدم وآخر لا يمتلكه، هذا الأسلوب في التصنيف يتوافق في نتائجه بشكلٍ تقريبي مع تقسيم الأحياء إلى فقاريات ولافقاريات.

وفي مجال التكاثر اعتقد أرسطو أن الذكر يمنح الروح بينما توفر الأنثى المادة التي تسكنها الروح. واعتبر أنه كلما زادت الحرارة الحيوية للوالدين كان الشبه مع أنسالهما أكبر. ووضع الحيوانات التي تلد صغاراً مكتملي النمو في أعلى سلم التصنيف، تليهم الحيوانات البياضة وبعد ذلك التي يفقص بيضها داخل أجسامها تتبعها التي تلقح بيضها خارجياً ثم التي تتكاثر بالتبرعم وأخيراً المخلوقات التي تنشق تلقائيا من بين الطمي أو المادة العفنة. ومن هذه القائمة وضع أرسطو «السلم الطبيعي» للمخلوقات ليبقى أساس تصنيف عالم الحيوانات حتى إلغائه في القرن الثامن عشر الميلادي. وبالطبع يستبعد هذا التصنيف أي فكرة تتعلق بالتطور.

الأهرامات الميزو - الأميريكية (أمريكا الوسطى)
MESOAMERICAN PYRAMIDS

ليس هناك من علاقة بين الأهرامات المصرية وأهرامات أمريكا الوسطى وذلك على الرغم من التشابه الواضح بينهما، شيدت الأهرامات الميزو الأمريكية بعد أهرامات مصر بآلاف السنين، وعلى نقيض أهرامات مصر التي شُيدت قبوراً للحكام، استخدمت أهرامات أمريكا الوسطى كمعابد عامة لإقامة الطقوس الدينية والاحتفالات.



▲ تعتبر المدابح العديدة في تيكال مواقع لإقامة الطقوس الدينية وتزخرف المدابح بالملاط (كتل حجرية) مثل المبين أعلاه الذي يصور كاهناً أو شخصاً مهماً آخر مع كتابة هيروغليفية، وقد قام علماء الآثار بترقيم المذابح والملاطات والصورة لملاط من المذبح رقم (12).

أدت ثورة بركان زايتل في وادي المكسيك حوالي عام 30 ميلادي إلى دفن مدينة كيوكيوليكو المجاورة، ولم يستكشف علماء الآثار أطلال المدينة والجزء الأسفل من هرمها الدائري الشكل إلا عام 1922 م. بُني الهرم على شكل أربع مصطبات (مدرجات) باستخدام الطين وكِسرات الصخور لتشييد الجزء الداخلي منه، وكسيت واجهاته بقطع من الصخور البركانية. ويؤدي سطحان مائلان على جانبي الهرم إلى المعبد الذي تسنم القمة ذات اليوم.

تقع كيوكيوليكو على الجانب الجنوبي من مدينة مكسيكو سيتي المعاصرة، وبلغت سنام مجدها خلال السنوات من حوالي 600 وحتى 200 ق. م.، عندما دمرت بفعل فورة بركانية سابقة لجبل زايتل. وقد شُيد هرمها خلال هذه الفترة. خُصصت المعابد الدائرية للإله (الثعبان ذو الريش)، المعروف لدى الكثير من شعوب أمريكا الوسطى بالإله ككيولكان بينما يُسميه الأزتك كيوتزالكوتل، ويبدو أنه كان أهم إله عند شعب مدينة كيوكيوليكو.

انتشر تقليد بناء الأهرامات في الميزو أمريكا قبل تشييد هرم كيوكيوليكو بوقت طويل. فشعب الأولمك من أوائل الشعوب التي شيدت الأهرامات وذلك حوالي عام 900 ق.م. قرب مدينة لافنتا في ولاية تاباسكو المكسيكية. كانت حضارة الأولمك من أبرز الحضارات الميزو الأمريكية في الفترة قبل الكلاسيكية التي امتدت من عام 1200 ق.م. وحتى عام 600 ميلادي. توسعت المدن الأولمكية حول هضاب مركزية تقام على قممها الطقوس الدينية وفي حوالي عام 900 ق. م. أخذت الأهرامات محل الهضاب. ونظراً لعدم اكتشاف أدلة على وجود سطوح مائلة او سلالم للوصول إلى قمة هرم لافنتا يعتقد المؤرخون أن الهرم نصبٌ أكثر من كونه مبنى ويعتبر رمزاً للجبل الذي اعتقد الأولمكيون أنه يتصل بالسماء وأنه مصدر الذرة التي اعتمدت عليها الزراعة.

كما أن شعب المايا، الذي ازدهرت حضارته بعد الألمكين، بنى أهرامات مستخدماً في الغالب ملاطاً كلسياً لتثبيت الأحجار الصخرية، تتميز أهرامات المايا بوجود سلالم شديدة الانحدار تؤدي إلى المعبد وكان استخدامه مقتصراً على الكهنة فقط. من أكبر وأقدم المدن المايابية مدينة تيكال في غواتيمالا واستوطنت بين عامي 800 ق.م. و 900 ميلادي ليبلغ عدد سكانها في وقت من الأوقات 100,000 نسمة. احتوى مركز المدينة قصوراً ومبانٍ مهمة أخرى علاوة على عدد من الأهرامات الصغيرة وستة أهرامات كبيرة جداً على قمة كلٍ منها معبد. رمز علماء الآثار إلى الأهرامات بالأرقام من الرقم واحد إلى الرقم ستة بحسب ترتيب تاريخ بنائها من الأقدم إلى الأحدث، فالمعبد رقم (1) والذي ينتصب على قمته معبد جاكوار شيد عام 695 ميلادي، بينما شيد المعبد رقم (6) عام 766 ميلادي وأعلى الأهرامات الستة ارتفاعاً الهرم رقم (4) المشيد عام 720 ميلادي إذ يبلغ ارتفاعه 230 قدماً (70 م) وتقود سلالمه إلى معبد الثعبان ذي الرأسين. وصممت غرفة داخل المعبد بنظام صوتي يسمح للحضور في الساحة من تحت المعبد سماع صوت الكاهن، ويضم المعبد رفات أحد النبلاء المايين.

ورغم أن بعض علية القوم دفنوا في الأهرامات الميزو الأمريكية لكنها لم تكن مقابر بشكل رئيس، ويعتقد أن الأهرامات مثلت المستويات الكونية الثلاثة:عالم ما تحت الأرض والأرض وعالم السموات. ففي عام 1971 استكشف كهف تحت هرم يقود نفق طويل فيه إلى غرفة على شكل ورقة قرنفل رباعية، احتوت الغرفة على عدة أغراض مما يؤكد استخدامها حرماً للعبادة ويحتمل أن وجود الحرم سبق زمن تشييد الهرم فوقه بوقت طويل.



تواريخ مفصلية

900 ق.م. تشييد الأولمكيون هرماً في لافنتا بمدينة توباسكو.

30 ميلادي فورة بركان زايتل ودفن مدينة كيوكيوليكو.

500 ميلادي أوج ازدهار مدينة تيوتيهوكان.

695 ميلادي بناء الهرم رقم (1) في تيكال.

720 ميلادي تشييد الهرم رقم (4) في تيكال وهو من أطول أهرامات الحضارات الميزو الأمريكية.

750 ميلادي اندثار تيوتيهوكان بفعل الحرائق.

766 ميلادي تشييد الهرم رقم (6) في تيكال.

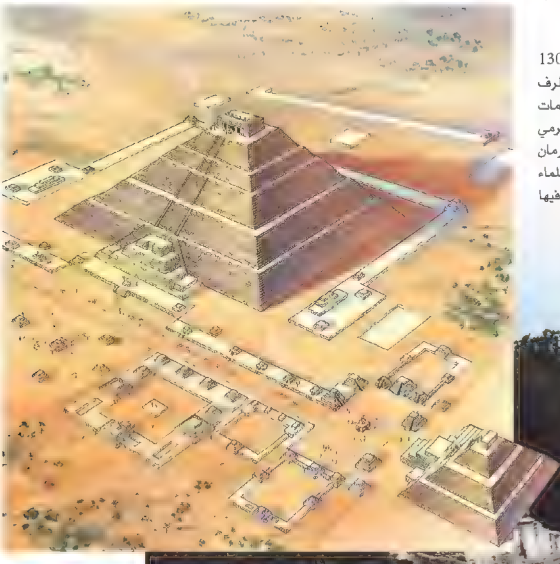
انظر أيضا بناء الأهرامات 1: 32–33؛ حضارة المايا 2: 24–25

بعد فوران بركان كيوكيوليكو عام 30 ميلادي هجر السكان المنطقة إلى تيوتيهوكان التي تبعد مسافة 30 ميلاً (50 كم) عن موقع مدينة مكسيكو سيتي الحالية. كانت تيوتيهوكان حينها مدينة صغيرة آهله بالسكان منذ عام 400 ق.م. على أقل تقدير، وأدى النزوح إلى حفز نمو عمراني سريع فيها. امتدت مدينة تيوتيهوكان في أوجها على مساحة 8 أميال مربعة (21 كم^2) يسكنها ما بين 125,000 و200,000 نسمة لتكون بذلك أكبر مدينة في العالم حينئذ. اندثرت تيوتيهوكان عام 750 ميلادي في حريق هائل؛ ولذلك عندما وصلها شعب الأزتك بعد قرون اعتقدوا أن مخلوقات خارقة (فوق طبيعية أوغيبية) شيدتها. ولا نعلم تحديداً الاسم الأصلي للمدينة، إذ استخدم الأزتكيون التسمية نفسها وتعني في لغتهم مثوى الآلهة.

ويمر في وسط المدينة شارع الأموات بعرض 130 قدماً (40 م) وبطول 1.5 ميل (2.4 كم). ويقع في الطرف الشمالي للشارع هرم القمر وعلى جانبيه منصات وأهرامات أصغر حجماً، يتألف هرم القمر من لب مُصمت هرمي الشكل مشيد من كِسارة الحجارة ويحيط باللب هرمان آخران، ويبلغ ارتفاعه 140 قدماً (43 م). استكشف علماء الآثار عام 1998 في أعماق هرم القمر تجاويف طمرت فيها مشغولات ذات قيمة عالية.

وينتصب معبد الثعبان ذو الريش على هرم مشيد في الطرف الجنوبي من شارع الأموات. واستكشفَ فيه رفات 18 رجلاً يُعتقد أنها لجنود قُدموا قرابين في طقوس دينية.

أما أكبر أهرامات شارع الأموات حجماً فهو هرم الشمس الذي ينتصب على الجانب الشرقي من الشارع ويبلغ ارتفاعه 216 قدماً (66م) وتبلغ أطوال أضلاع قاعدته 720×760 قدماً (220×232 مترا)، واستكشف كهف تحته يُعتقد أنه كان حرم المعبد.



▼ هرم الشمس في تيوتيهوكان كما كان أيام عزها. وإلى اليسار هرم القمر الأصغر حجماً حيث وجدت أدلة على وجود رفات قرابين بشرية.



◀ تنتصب أجزاء من شمال أكروبولس (في الخلفية) والهرم رقم (1) (في الوسط) بين أطلال الآثار المايابية في مدينة تيكال بغواتيمالا.

علوم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

240 ق.م. يسجل الفلكيون **الصينيون** أول رصد معروف لمذنب هالي.

235 ق.م. يحسب عالم الرياضيات **إيراتوستينيس السايريني** (حوالي 276 -حوالي 194 ق.م.) محيط الأرض وبعد عشر سنوات يصمم منخل إيراتوستينيس كطريقة لإيجاد الأعداد الأولية (الأعداد التي لا تقبل القسمة إلا على العدد 1 أو على نفسها فقط).

230 ق.م. يكتب عالم الرياضيات **أبولونيوس البرجاوي** (حوالي 262 -حوالي 190 ق.م.) كتاب الكونك (المخروطيات) يناقش فيه خصائص الأشكال المخروطية (مثل الدائرة، والإهليلج والقطع الناقص وغيرها).

200 ق.م. يخترع فلكيو مدرسة الإسكندرية (أسسها الفرعون بطليموس الأول) أداة فلكية تضم اسطرلابا.



اخترع الإغريق الأسطرلاب لقياس زاوية ارتفاع (سمت) الأجرام السماوية وفي مرحلة لاحقة طوره العرب إلى مرحلة الكمال، الصورة لأسطرلاب من القرن التاسع عشر.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

125 ق.م. يُدخل الرحالة الصيني تشانغ تشين (حوالي 172 -حوالي 114 ق.م.) نبيذ العنب المستورد من الغرب إلى الصين.

100ق.م. يُطور التاجر الروماني غيوس سيرجيوس أوراتا نظاماً لتدفئة المياه المالحة بهدف استزراع القواقع وبيعها لأثرياء روما.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

250 ق.م. يخترع العالم وعالم الرياضيات الإغريقي *أرخميدس* (حوالي 287-212 ق.م.) المضخة البريمية (بريم يدور داخل أنبوب مائل) لرفع المياه لري الأراضي الزراعية.

250 ق.م. يكتب المهندس والعالم البيزنطي فيلو (ولد حوالي عام 300 ق.م.) كتاباً في الموضوعات العسكرية والهندسة الميكانيكية يصف فيه نابضاً (زنبركا) برونزياً لاستخدامه في إطلاق قذائف المنجنيق، كما يشرح مبدأ عمل سلسلة مسننة وعجلة التروس ونوع من الوصلات الدولية تعرف حالياً بوصلة كاردان نسبة إلى العالم الإيطالي جيرومي كاردان (1501-1576) الذي أعاد اختراعها.

سور الصين العظيم مثال لأعظم ما تبقى من المباني القديمة ويُعرف في اللغة الصينية وان لي تشانغ تشنغ (الحائط بطول 10,000 لي)، ويمتد الجزء الرئيسي منه مسافة 1,400 ميل (2,250 كم) بمحاذاة قمم الجبال والهضاب من ممر شان هي (في خليج تشيتشيلي) في الشرق إلى ممر تشاي يو (في مقاطعة جانسو حاليا) في الغرب، تضيف التفرعات الثانوية للسور مسافة 2,600 ميل (418 كم) إلى الهيكل الرئيس بارتفاع يتراوح بين 20 إلى 50 قدما (6-15 م). بدأ تشييد السور في القرن السابع قبل الميلاد وأكمل الإمبراطور شي هوانغ دي عام 214 ق.م. الجزء الرئيس منه بهدف الدفاع ضد الغزاة الشماليين. أُعيد بناء السور وزيد طوله عدة مرات عبر السنين وتم ترميمه كلياً خلال عهد سلالة مينغ الإمبراطورية (1368-1644).



علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

قام عالم الرياضيات الإغريقي إيراتوسثينيس عام 235 ق.م. بحساب محيط الأرض بدقة معقولة. اعتمدت طريقة حسابه على ملاحظته عدم تكون ظلال للأشياء في ساييني (أسوان حاليا) عندما تكون الشمس عمودية، بينما يصنع ظل عصا في هذه اللحظة في الإسكندرية زاوية تساوي 7.2°. وبمعرفة أن المسافة بين المدينتين تساوي 5,000 ستاديا (وحدة مسافات كانت تستخدم حينئذ)، استنتج أن هذه المسافة تتناسب مع خُمس الزاوية الكلية للدائرة (360°)، وبذلك فإن محيط الأرض يساوي 50 x 5,000 = 250,000 ستاديا. ويساوي هذا الرقم 29,206 ميلاً (47,000 كم) – والقيمة العصرية الصحيحة هي 24,902 ميلا (40,075 كم).



200 ق.م. يبدأ شعب نازكا في جنوب بيرو «رسم» الخطوط العريضة للحيوانات والنباتات على سطح صحراء بامبا في كولورادو، وفي وقت لاحق يضيفون خطوطاً وأشكالاً هندسية، ولا يُعرف بالتحديد هدف هذه الرسوم لكن يعتقد أن لها أهمية فلكية أو دينية.

165 ق.م. يبرهن الفلكيون **الصينيون** بالعين المجردة على وجود البقع الشمسية.

150 ق.م. يحسب الفلكي الإغريقي **هيباركوس النايسياي** (حوالي 180 – حوالي 125 ق.م.) المسافة بين الأرض والقمر ويكتشف ظاهرة بدار الاعتدالين (الربيعي والخريفي).

100 ق.م. يبدأ علماء الرياضيات **الصينيون** استخدام الأرقام السالبة.

52 ق.م. يصنع الفلكي الصيني كن شو-تشانغ الحلقات المتداخلة (حلقة معدنية تستخدم لمراقبة النجوم).

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

75 ق.م. يعلم الطبيب الإغريقي **أسكليبيوس البيثاني** (حوالي 120-30 ق.م.) تلاميذه أن سبب الأمراض اختلال الجُسيمات داخل الجسم.

55 ق.م. يُطور الهنود نظام أيوروفيدا الطبي ويصبح أساس تعليم الطب في الهند لقرون.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION



شيد جنود يوليوس قيصر عام 55 ق.م. جسراً خشبياً معلقاً فوق نهر الراين في عشر أيام، وكان هذا البناء المميز عاملاً رئيساً في غزو القيصر لشمال أوروبا.

250 ق.م. يُعيد الفرعون المصري بطليموس الثاني (309-246 ق.م.) بناء القناة التي تربط نهر النيل بالبحر الأحمر.

230ق.م. يبتكر المخترع الإغريقي **ستيسبس الإسكندري** (اشتهر خلال القرن الثالث قبل الميلاد) نوابض مصنوعة من رقائق معدنية في تصميم المنجنيق.

220 ق.م. ينتهي القائد والسياسي الروماني غيوس فلامينوس (توفي عام 217 ق.م.) من تشييد جادة فلامينيا وهو شارع رئيس ربط مدينة روما بوادي نهر بو ثم مُدت الجادة لتصل إلى مدينة رميني.

214 ق.م. الانتهاء من الجزء الرئيس من سور الصين العظيم بطول 1400 ميل (2,250 كم).

210 ق.م. يُشيد الفرعون المصري بطليموس الرابع (حوالي 244-203 ق.م.) قادسا (المترجم: سفينة شراعية كبيرة) بطابقين بطول 400 قدم (12م). يتطلب تسيير القارب 4,000 عامل تجديف و3,250 بحاراً آخرين. ولبناء السفينة يخترع الحوض الجاف (قناة متصلة بالبحر يمكن ملؤها بالماء بعد الانتهاء من بناء السفينة).

200 ق.م. يستخدم صناع المعادن في أمريكا الشمالية أنابيب النفخ (الكير) لنفخ الهواء في الأفران عند تصنيع سبائك الذهب والفضة.

150 ق.م. يبتكر الإغريق والرومان عصارة بريمية لطحن الزيتون لاستخدامها في صناعة زيت الزيتون.

150 ق.م. تُشيد شعوب أيرلندا وألمانيا الطرق المرصوفة بوضع الألواح الخشبية على سطح الشوارع المُعبدة.

110 ق.م. يبدأ سائسو الجياد الرومان استخدام المسامير في تثبيت أحذيتها.

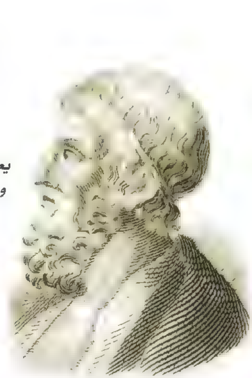
100 ق.م. يستخدم عمال البناء الرومان الكونكريت المصنوع من الأحجار المسحوقة والزولان (رماد بركاني) المستخرج من أعماق الأنهار والبحار.

80 ق.م. تستخدم دول شرق البحر الأبيض المتوسط الدواليب المائية (السواقي) الأفقية بارزة الأسنان لطحن الذرة.

55 ق.م. يأمر الإمبراطور الروماني يوليوس قيصر (100-44 ق.م.) جنوده بتشييد جسر معلق عبر نهر الراين وينتهي العمل فيه خلال عشرة أيام.

أرخميدس (حوالي 287 - 212 ق.م.)

ARCHIMEDES (c.287–212 B.C.)



▲ كان أرخميدس أحد المدعين في العلوم الرياضية، وتذهب الأساطير إلى أن شغفه بالرياضيات كان سبب مقتله.

يعتبر أرخميدس أحد أعظم علماء الرياضيات عبر العصور، وقد غطت نظرياته وفلسفته أرجاء المعمورة قاطبة، ومنحته اختراعاته الشهرة التي مازالت ترافق اسمه حتى اليوم.

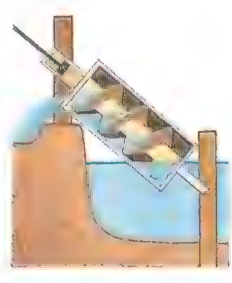
يعتبر أرخميدس (حوالي 287-212 ق.م.) أعظم علماء رياضيات العالم القديم، ولد في مدينة سيركيوز بصقلية (مستعمرة إغريقية حينئذ) لأبٍ فلكي يُسمى فيديس، وكانت العائلة على علاقة صداقة مع ملك سيركيوز الملك هايرون الثاني، ويحتمل وجود نسب بين العائلتين. تتلمذ أرخميدس في الإسكندرية بمصر على يد معلم من تلامذة عالم الرياضيات الإغريقي إقليدس (اشتهر خلال حوالي 300 ق.م.)، وبإكمال دراسته هناك عاد إلى سيركيوز ليظل فيها بقية حياته.

رغم أن أرخميدس لم يكن أول من استخدم الرافعات، لكنه كان أول من وضع مبادئ عملها، ومن مقولاته أن بإمكانه تحريك العالم باستخدام رافعة طويلة وقوية بما يكفي يركزها في مكان ما (خارج العالم بالطبع)، ويقال أن هذه المقولة أدت إلى تحدي الملك هايرون له بتحريك الأجسام الثقيلة جدا. وبحسب الروايات المنقولة، جاءت استجابة أرخميدس لهذا التحدي بتصميمه نظاماً من الرافعات والبكرات مكن الملك هايرون نفسه من تحريك السفينة الملكية سيركيوز – وبكامل حمولتها من المسافرين وعفشهم – من الحوض الجاف وعبر الأرض المتصلة بالميناء.

ويقال أيضا أن أرخميدس صمم قبة سماوية وكذلك مضخة بريمية للمساعدة في ري المحاصيل (يحتمل أن المصريين اخترعوا المضخة قبل ذلك بكثير)، وتتكون المضخة البريمية من بريم (أو برغي) لولبي داخل أنبوب، وعند إدارة البرغي يرتفع الماء إلى المستويات اللولبية الأعلى، ومازال البعض يستخدم هذه الأداة حتى يومنا هذا.

اخترع أرخميدس أيضا أسلحة بثت الرعب في قلوب الروم عند حصارهم مدينة سيركيوز عام 215 ق.م. وتوخياً لهجوم الروم كلف الملك أرخميدس تصميم نظام دفاعي للمدينة، شمل النظام إعادة بناء الأسوار حول المدينة للصمود أمام قذائف المنجنيق القوية ورافعات يمكنها رفع كتل ثقيلة من الجلمود (الصخر الأصم) وقذفها على الجنود المتواجدين أسفل الجدار إلى جانب عدد آخر من المبتكرات الحربية. تمكن نظامه الدفاعي من صد الغزاة على مدى ثلاث سنوات ليتحول الحصار إلى معركة بين الروم وأرخميدس.

من بين أكثر الأسلحة التي اخترعها أرخميدس هولاً سلاحٌ أسماه «خطاف أرخميدس» ويتكون من كماشة متصلة برافعة تهوي على كل سفينة في مداه وتطبق عليها لتهزها بعنف أو حتى ترفعها عالياً في الهواء ثم تديرها ليتساقط الجنود منها، ومن ثم تُلقى السفينة على الصخور لتتهشم أجزاءً متناثرة. لا يعرف أحد بالتحديد آلية عمل هذا السلاح، لكن الاحتمال الأكبر



▶ توضع المضخة البريمية لأرخميدس بشكل مائل بحيث يُغمر الطرف السفلي للأسطوانة في الماء، ومع كل إدارة للمقبض يرتفع الماء إلى الجزء العلوي المحزوز من البرغي حتى يصل إلى قمة الأسطوانة ويفيض إلى الخارج.

تواريخ مفصلية

287 ق.م. ولادة أرخميدس في مدينة سيركيوز.

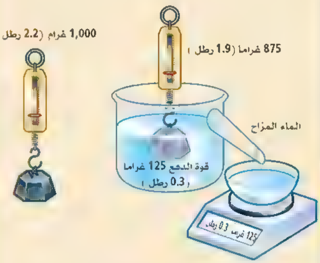
حوالي **250** ق.م. يخترع أرخميدس المضخة البريمية.

حوالي **215** ق.م. حصار الروم لمدينة سيركيوز ويقوم أرخميدس بتصميم الأسلحة.

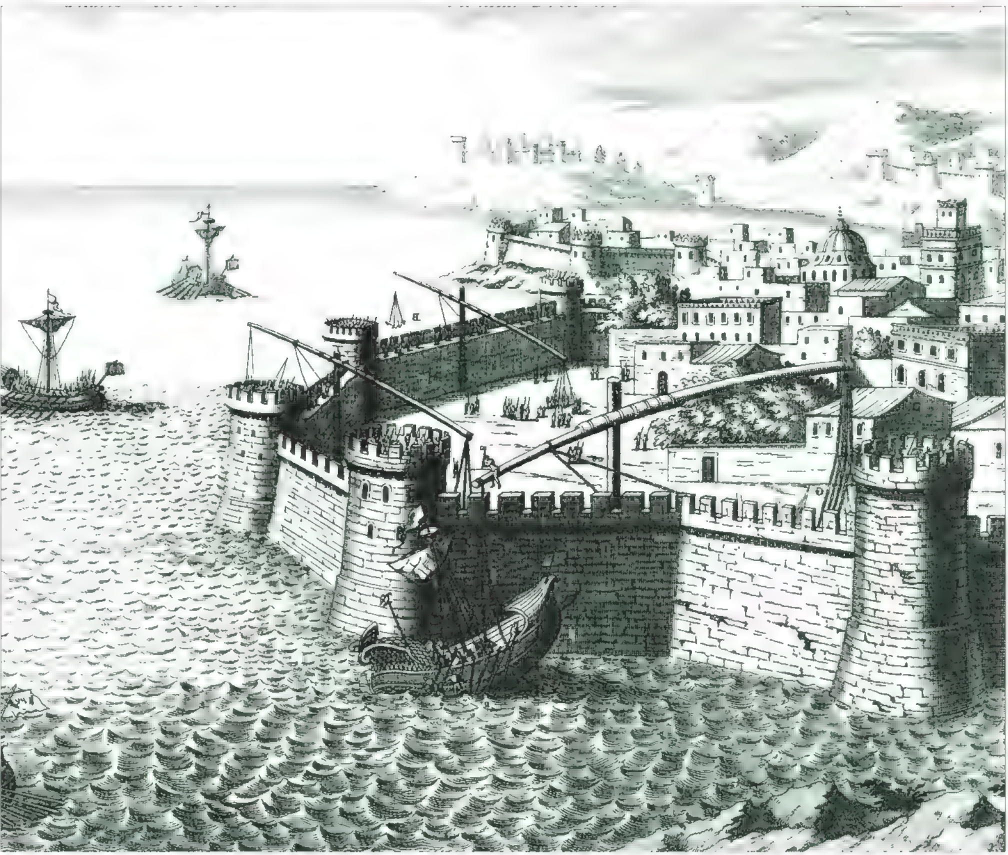
212 ق.م.نهاية الحصار وأحد الجنود الروم يقتل أرخميدس.

مبدأ أرخميدس (قانون الطفو)

كلف الملك هايرون أحد الصاغة صنع تاج جديد من الذهب الخالص له. مع انتهاء العمل شك الملك في نقاوة الذهب، فطلب من أرخميدس إفادته فيما إذا كان التاج مصنوعاً من الذهب الخالص أو المخلوط بالفضة وبشرط عدم كسره. لم يجد أرخميدس وسيلة لذلك إلى أن لاحظ ذات يوم وهو يخطو في حوض الحمام الممتلئ بالماء بفيضان الماء خارجه، أدرك أرخميدس أن الجسم المغمور في الماء يزيح كمية من الماء يساوي حجمه حجم الجسم ويقل وزن الجسم بمقدار وزن الماء المزاح. وتذهب الروايات إلى أن أرخميدس بلغ قمة الإثارة حينئذ إلى درجة خروجه من الحمام عارياً والركض في شوارع المدينة صارخا «يوريكا» (وجدتها). قام أرخميدس بقياس حجم التاج بهذه الطريقة واستعار قطعة من الذهب الخالص لها وزن التاج نفسه وقاس حجمها بالطريقة نفسها، ونظراً لأن الفضة أقل كثافة من الذهب فإن حجم كتلة الفضة تكون أكبر من حجم كتلة الذهب إذا تساوت الكتلتان في الوزن، ولذلك عندما لاحظ أرخميدس أن حجم الماء الذي أزاحه التاج أكبر من حجم الماء الذي أزاحته قطعة الذهب الخالص، تمكن من إحاطة الملك علماً بغش صائغ الذهب له.



ويمكن إثبات مبدأ أرخميدس بغمر جسم ثقيل في الماء. يؤثر الماء بقوة إلى الأعلى على الجسم (قوة الدفع أو قوة الطفو) وبذلك ينقص وزن الجسم، وينساب الماء المزاح عند غمر الجسم خلال ميزاب ليُجمع في وعاء. تساوي قوة الدفع وزن الماء المزاح.



أنه كان خطافاً كبيراً يتم إنزاله ورفعه بواسطة رافعة (كرين)، وبإحكام الخطاف على مقدمة السفينة يمكن رفعها بأنشوطة حتى تأخذ وضعاً عمودياً تقريباً ثم تلين قبضة الخطاف لتسقط السفينة فجأة من علو.

تذهب الأساطير أيضاً إلى الحديث عن المرايا التي عملت كزجاج حارق، وفي هذا الإطار يُروى أن المرايا أحرقت أشرعة كل السفن المعادية في محيط سور المدينة، لكن من المستبعد جداً وجود مثل هذا السلاح.

وفرت اختراعات أرخميدس الشهرة له كما كانت مصدر الكثير من الأساطير، لكن أرخميدس نفسه لم يجد في آلاته الميكانيكية شيئا ذا بال يليق بمكانته، ولذلك لم ينشر إلا أعماله في العلوم الرياضية. ونتيجة لذلك يستحيل الجزم بأن أرخميدس هو فعلياً صاحب كل هذه الاختراعات.

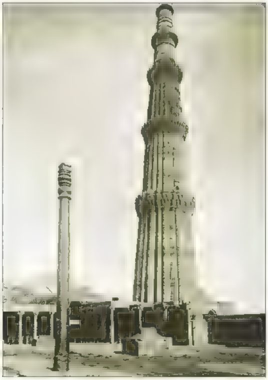
كان أرخميدس عالم رياضيات في الدرجة الأولى، ومن إسهاماته في هذا المجال حسابه قيمة (پاي) وتوصل إلى قيمة قريبة من القيمة المعاصرة، كما صمم أسلوباً لحساب الحجوم ومساحات سطوح الأشكال المنحنية – وبذلك توقع مبدأ حساب التكامل قبل (نيوتن) بحوالي 2,000 سنة. ووضع أرخميدس أيضا طريقة للتعبير عن الأرقام الكبيرة جداً ضارباً المثل بكيفية كتابة عدد حبات الرمل الموجود في الكون بأسره.

بانهيار مدينة سيركيوز تحت وطأة حصار الروم أخيراً عام 212 ق.م. أمر القائد الروماني مارسيلوس بعدم التعرض بسوء لأرخميدس أو لبيته، فوجد أحد جنود الروم أرخميدس بينما كان منهمكاً في معالجة مسألة رياضية فأمره أن يصحبه. لكن أرخميدس طلب من الجندي عدم طمس الدائرة التي رسمها على الرمال، ومع نفاذ صبر الجندي قام بقتله.

▲ تمكنت مدينة سيركيوز من صد هجوم الروم على مدى ثلاثة أعوام بفضل العديد من الآلات التي اخترعها أرخميدس ومن ضمنها آلة الهول «الخطاف».

تكنولوجيا نهر غانجا الهندي
Indian Ganga River Technology

تعتبر الحضارة الهندية التي ازدهرت على امتداد وادي نهر الغانجا ووادي نهر الهندوس حضارة رائدة في التكنولوجيا ذات الصلة بإدارة مصدر مياه شديد التذبذب وفي الصناعات المعدنية.



▲ ينتصب عمود حديدي ثقيل مقابل برج النصر في ساحة من أطلال مسجد قوة الإسلام قرب دلهي الذي شُيّد في القرن الثاني عشر، ويعود تاريخ العمود الحديدي إلى حوالي عام 415 ميلادي.

بدأ الشعب الآري هجرته حوالي عام 1500 ق.م. باتجاه الجنوب الغربي إلى السهول المترامية لنهر غانجا (نهر الجانجيز سابقا)، فيما يُعرف حالياً بشمال الهند. وبوصولهم إلى المنطقة دارت رحى حروب طاحنة بين القبائل الآرية والشعوب التي كانت تسكن الأرض من قبلهم حيث انتصرت القبائل الآرية، لكن الآريون كانوا بالدرجة الأولى أهل رعي وزراعة؛ ولذلك سكنوا القرى يحرثون الأرض ليؤسسوا في نهاية المطاف المملكة الهندو – آرية وعاصمتها قريبة من مدينة دلهي الحالية، حيث ازدهرت الديانة البراهمانية واللغة السنسكريتية. تتابعت الأسر الحاكمة على المملكة التي تغيرت حدودها عبر الزمن حتى اعتلى تشاندراقبتا ميوريا حكمها عام 321 ق.م. كأول حاكم من الأسر الميورانية، وخلال عهد تشاندرا قبتا توسعت الإمبراطورية كثيرا.

مثل الأرز غلة الغذاء الرئيسة لشعوب سهل الغانجا، وقد وجد علماء الآثار أرزاً مفحماً في بيهار شمالي شرق الهند يعود تاريخه إلى مابين سنة 2000 إلى 1500 ق.م. أصبح الأرز المحصول الزراعي الأهم للفلاحين الآريين.

هناك طريقتان لزراعة الأرز؛ فعلى السفوح الهضبية المائلة يُزرع الأرز كمحصول حقلي يُسقى بمياه الأمطار، أما في الأرض المنخفضة فتتم زراعة الأرز بوضع البذور في حاضنات ومن ثم تُستزرع في الحقول المغمورة بالماء، وتُسمى حقول استزراع الأرز البادي (حاضنات الأرز).



تواريخ مفصلية

1500 ق.م. هجرة الآريين إلى الهند.

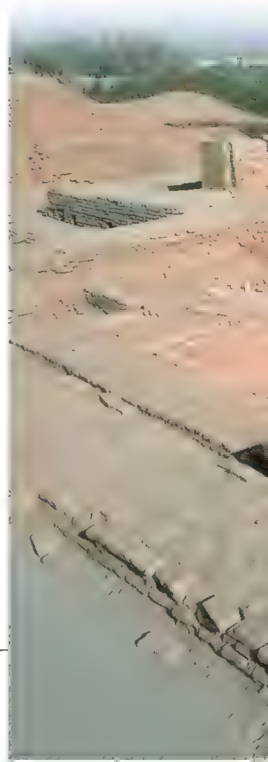
500 ق.م. استخدام الأسلحة الحديدية في جنوب الهند.

327 ق.م. غزو الإسكندر الأكبر الهند وإهداؤه قطعة من الفولاذ.

321 ق.م. يوطد تشاندرا قبتا ميوريا حكم الأسرة الميورانية.

القرن الأول بناء خزانات المياه في سرنجافيرابورا.

415 كومارا قبتا ينصب العمود الحديدي.



▼ وضعت الحضارة الهندية اهتماماً كبيراً على الاستحمام وامتلكت التكنولوجيا لتوفير مستلزماته بشكل كبير، مثل الحمام الكبير في مدينة موهنجو دارو في وادي الهندوس (باكستان حالياً). بلغت أبعاد الحمام 39 قدماً (12 م) في 33 قدماً (10 م) وبلغت سعة خزانات الماء فيه 5,600 قدم مكعب (158 م³).

فولاذ ووتس



صُنع فولاذ ووتس – الاسم مشتق من الأوكو والتي تعني الفولاذ باللغة التولوغية – في مدينة أندرا براديش في الشرق الهندي بحلول القرن الثالث قبل الميلاد. تبدأ عملية التصنيع بطرق قطعة من الحديد الساخن المحتوي على مادة إسفنجية للتخلص من الخبث وغيره من الشوائب ومن ثم تقطع الكتلة إلى قطع أصغر، وتسخن القطع الصغيرة بعد ذلك إلى أن ينصهر الحديد ويمتص الكربون من الخشب. يتحول الحديد خلال هذه العملية إلى فولاذ تبلغ نسبة الكربون فيه ما بين 1% و 1.6%؛ الفولاذ المحتوي على هذه النسبة العالية من الكربون يصبح هشاً عند تبريده بغمره في الماء، لكن الهنود وجدوا طريقة لمعالجة هذا العيب من خلال إعادة التسخين. والنتيجة من ذلك الحصول على فولاذ يصلح لتصنيع نصال السكاكين والسيوف التي تتميز بالمرونة والحدة في آن واحد.

بالتدقيق في سطح النصل المبين تلاحظ المخطط الجميل الذي خلفته مياه التبريد وهي خاصية تميز فولاذ ووتس، وقد قارن أحد المشاهدين هذا المخطط بالمخطط الناتج عن مرور النسيم على سطح ماء في بركة.



وتُجفف الحقول قبل جني الحصاد. يتميز الأرز المستزرع في الحاضنات عن أرز سفوح الهضاب بوفرة محصوله، لكن الزراعة الناجحة للأرز تعتمد على آلية إدارة مياه الري؛ ولذلك أصبحت إدارة المياه ذات أهمية قصوى في الهند في ظل مناخها الموسمي، حيث تهطل الأمطار خلال فصل الصيف بشكل شبه يومي.

استحدثت خلال عهد تشاندرا قبتا ميوريا (حكم 321 296- ق.م.) السدود والبحيرات الاصطناعية ونُظم الري المختلفة اعتمد بعضها على الاستفادة من مياه الأمطار ومياه الفيضانات المخزونة من المواسم السابقة. كما استخدمت قنوات مغمورة على نطاق واسع في البنغال (وكذلك شمالي شرق الهند). كانت هذه القنوات العريضة الضحلة تُفتح خلال موسم الفيضانات عندما تتجمع مياه الثلوج المنصهرة الهابطة من قمم الجبال مع مياه الأمطار الموسمية، وبهذه الكيفية يتم توجيه المياه الغنية بالطمي إلى الحقول الزراعية عبر قنوات جانبية صغيرة، ومع انخفاض مستوى مياه النهر يقوم المزارعون بسد القنوات الرئيسة.

على سفوح هضاب بيهار طُبق نظام آخر للري يُعرف بأهار– باين ، يعني الباين القناة التي تربط النهر ببركة هي الأهار، والتي تتكون من حوض مستطيل الشكل مدعوم الأسوار من ثلاث جهات بيما يمثل الانحدار الهضبي الطبيعي إلى الحقول جانبه الرابع. ويُعتبر الخزان المشيد في القرن الأول قبل الميلاد في منطقة سرنجافيرابورا قرب مدينة الله آباد في الهند أحد أروع أمثلة خزانات مياه المحاصيل، يبلغ عمق الخزان 12 قدماً (3.7 م) وطوله 800 قدم (244 م) وبعرض 60 قدماً (18 م) مرصوف من الداخل بالطوب.

ينحدر الماء من نهر الغانجا إلى خزانين تحت الأرض ليترسب الطمي في قاعيهما، ويتم رفع الماء من مخرج قرب الحواف العلوية للخزانين ليسري إلى الخزان الرئيس عبر درجات مرصوفة ذات جدران منحنية بغرض تبطئة سرعة اندفاع المياه. ولتوفير مياه الري خلال الفصول الجافة حفرت آبار عدة تحت مستوى الخزان.

لم تقف التكنولوجيا الهندية عند هذا الحد، فعلى أراضي مسجد قوة الإسلام في منطقة مهرولي قرب دلهي ينتصب عمود من الحديد يزيد ارتفاعه عن 23.5 قدم (7 م) ويبلغ قطره 16 بوصة (40 سم) ويزن أكثر من 6.6 طناً (6 طن متري). نُصب العمود الحديدي عام 415 ميلادي خلال عهد التاريخ الكلاسيكي للهند الذي بدأ مع اعتلاء أسرة قبتا الحكم عام 320 ميلادي وقد أمر كومارا قبتا بتشييد النُصب (حكم 415-55 ميلادي) تخليداً للمآثر العسكرية لوالده تشاندرا قبتا الثاني.

والجدير بالذكر أن الأوروبيين لم يتمكنوا من صب قطعة واحدة من الحديد بحجم عمود كومارا الحديدي حتى نهايات القرن التاسع الميلادي. كما أن العمود يُظهر خاصية مميزة أخرى، فعلى الرغم من تعرضه للهواء الخارجي على مر ما يزيد عن 1,500 عام إلا أن سطحه لا يحتوي على أي أثر للصدأ، ويعود هذا الأمرُ جزئياً إلى المناخ الجاف للمنطقة –على الرغم من هطول الأمطار الموسمية الغزيرة في فصل الصيف– لكنه يعود أيضاً إلى الشوائب في حديد العمود.

انتشرت تكنولوجيا صناعة الحديد عبر الهند، وبحلول عام 500 ق.م. وقد استخدمت شعوب جنوبي الهند الأسلحة المصنوعة منه. وكما نعلم فإن الحديد معدن لين لا يصلح لتصنيع السيوف أو السكاكين، لكن زعماء قبائل البنجاب أهدوا الإسكندر الأكبر قطعة من الفولاذ بعد غزوه الجزء الشمالي الغربي من الهند عام 327 ق.م.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

44 ق.م. يوثق الفلكيون **الصينيون** والرومان مشاهدة مذنب أحمر، تعزى الحمرة إلى الغبار البركاني المتطاير من فورة جبل إتنا بصقلية.

28 ق.م. يتابع **الصينيون** توثيق رصد ظهور البقع الشمسية (تستمر المتابعة والتسجيل حتى عام 1638 ميلادي).

1 ق.م. يستحدث عالم الرياضيات **الصيني** ليو هسن نظام الكسور العشرية، وينشر أطلساً لألف نجمة بعد 46 سنة من ذلك.

حوالي 62 ينشر عالم الرياضيات الإغريقي **هيرو الإسكندري** (اشتهر خلال القرن الأول) مؤلفاً بعنوان متريكا (القياسات) يضمنه حساب سطوح وأحجام أشكال مختلفة

100 ينشر عالم الرياضيات والفيلسوف نيكوماتشوس الغيراسي (اشتهر حوالي القرن الأول الميلادي) مؤلفا تحت عنوان *مقدمة الحساب* يتضمن مجموعة من المعارف في نظرية الأرقام.



يتكون تصميم سيزموغراف زيانغ هنغ من كرة معلقة بسم تنين تسقط عند حدوث هزة أرضية على ضفدع موضوع على القاعدة، وبهذه الكيفية يمكن تحديد مركز الهزة.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

15 يُؤلف الطبيب ثاديوس فلورنس كتاب في *فضائل الكحول* يضمنه الاستخدامات الطبية للكحول.

30 ينشر الكاتب والطبيب الروماني **أولس كورنيلوس سلسس** (اشتهر خلال القرن الأول) رسالة من ثمانية مجلدات تحت عنوان *الطب* الذي يُعتبر أول مؤلف طبي باللغة اللاتينية.

50 يُدخل الرومان زراعة خضروات البحر الأبيض المتوسط إلى غرب أوروبا، بما في ذلك الثوم في فرنسا والبصل في بريطانيا.

50 يُؤلف الطبيب الروماني سكروبونس (اشتهر خلال القرن الأول) كتاباً تحت عنوان *المركبات الطبية* وهو معجم لتوصيف تركيب 271 دواءً.

77 يضع الأكاديمي الروماني **بليني الأكبر** (23–79) كتاب *التاريخ الطبيعي* ويقع في 37 مجلداً يُلخص فيه معارف عصره في الموضوع، كما هو معروف للرومان. يقتل بليني الأكبر في فورة بركان فيزوف عام 79 الذي دمر مدينة بومباي في إيطاليا، كما وصف ذلك ابن أخيه بليني الأصغر.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

50 ق.م. يستخدم البحارة **الصينيون** أشرعة مصنوعة من الحصائر المثبتة بعوارض خشبية، ويمكن مشاهدة بعض هذه الأنواع في متاجر الخردوات الصينية.

46 ق.م. يستحدث الإمبراطور الروماني يوليوس قيصر (100ق.م.- 44 ق.م.) التقويم الجولياني.

30 ق.م. يخترع صناع الزجاج في سوريا تقانة النفخ في تشكيل الزجاج، ويتبنى الرومان التقانة خلال فترة وجيزة لتصنيع القناني الزجاجية وغيرها.

27 ق.م. يصف المهندس المعماري الروماني **ماركوس فيتروفيوس بوليو** (ولد عام 70 ق.م.) كيفية تصنيع الذهب الملغم، سبيكة من الذهب والزئبق.

19 ق.م. يُنظم الجنرال الروماني **ماركوس اغريبا** (63–12 ق.م) جهود تشييد قناة أكوا فيرغو في روما بطول 13 ميل (21 كم).

10 ق.م. يُشيد ملك مملكة جوديا بفلسطين هيرود الأكبر (حوالي 73 – حوالي 4 ق.م.) ميناءً كونكريتياً مفتوحاً لخدمة مدينة كاسيريا (قرب مدينة حيفا في فلسطين).

8 ميلادي استخدام السواقي ذات الدواليب العمودية في الصين.

50 يستخدم المزارعون في إيطاليا مطاحن الحبوب المدارة بقوة دفع الماء.

50 يصف عالم الرياضيات الإغريقي **هيرو الإسكندري** (اشتهر خلال القرن الأول) آلة إيولوبايل، وهو تربين بخاري بدائي صُنع كلعبة مبتكرة.

80 انتهاء إنشاء الكلوسيوم (المسرح أو المدرج الروماني) في روما، ومازال الكثير من المدرج ذي الأربعة طوابق باقيا حتى اليوم، ويمتد الكلوسيوم بطول 617 قدماً (188 م) وعرض 512 قدماً (156 م).

83 يصف الكاتب **الصيني** وانج تشانغ (27 – حوالي 100) مغرفة (على شكل ملعقة) جنوبية الاتجاه، تسمى *السانان*، ويُعتقد أنها استخدمت في الطقوس الكهنوتية أكثر من استخدامها في الملاحة.

100 يستخدم الفلاحون **الصينيون** مثقاباً متعدد الطبقات لوضع البذور الزراعية في مراقدها في الحقل، وفي حوالي هذه الفترة يخترعون التندم (دراجة ترادفية) يجره حصانان واحد خلف الآخر، لاستخدامه في الحراثة وتسيير العربات.



اكتمل بناء الكولسيوم في روما عام 80 ميلادي، ولكبر المسرح أقيمت فيه مباريات العربات وقتال المجالدين العبيد، إذ تتسع مدرجاته لحضور 50,000 متفرج.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

110 يستحدث عالم الرياضيات والفلكي الإغريقي مينيلوس الإسكندري (اشتهر خلال القرن الأول) مبادئ الهندسة الفضائية وذلك في كتابه *الكرويات*.

132 يُشيد الفلكي **الصيني** زهانغ هنغ (حوالي 78 –حوالي 139) قبة فلكية بسيطة لمراقبة حركة النجوم الرئيسة، ويخترع أيضا مقياسا للزلازل (سيزموغراف) للكشف عن اتجاه الزلازل.

150 يجمع الفلكي والجغرافي الإغريقي **بطليموس** (حوالي 100 –حوالي 170) موجزاً (موسوعة) للمعارف المعاصرة حينئذٍ في علم الفلك تحت عنوان *الماجست* (عرف عند العرب بالمجسطي أو الماجستا) يحتوى تصنيفاً للنجوم، ويبقى المؤلف الكتاب المدرسي الرئيس في علم الفلك حتى عصر النهضة (التنوير أو البعث) في أوروبا.

185 يرصد الفلكيون **الصينيون** ظهور مستعر أعظمي (يُسمونه «النجم الضيف») في الحشد النجمي قنطورس ويستمر إشعاعه 20 شهرا.

190 يُعبر علماء الرياضيات **الصينيون** عن الأعداد الكبيرة باستخدام الرقم عشرة أساساً (مثلا 10^4، عشرة أس 4 يعني 10,000).

250 ينشر عالم الرياضيات الإغريقي **ديوفانتوس** (حوالي 200–284) مؤلفاً تحت عنوان *أرثماتيكا* (الحساب) يتكون من 13 مجلداً في موضوعات علم الجبر، ويُعتبر علم الجبر من ابتكار ديوفانتوس.

263 يقوم عالم الرياضيات **الصيني** ليو هيو بحساب قيمة (پاي) ويقدرها بـ 3.14159 (صحيحة إلى خمسة أرقام معنوية) وذلك برسم متعددات أضلاع يزيد من أضلاعها مرة بعد أخرى – حتى 3072 ضلعا.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

77 يُؤلف الطبيب الروماني **بدانوس دايوسكوريدس** (اشتهر خلال القرن الأول) مؤلفاً من خمسة مجلدات تحت عنوان *الأقرا بازين – المواد الطبية*- يُعدد فيه المئات من الأعشاب الطبية والأدوية، ويبقى المؤلف المصدر الموثوق في المجال حتى القرن السابع عشر.

100 يُؤلف الطبيب الروماني سورانوس الأفيسوسي (اشتهر خلال القرن الثاني) كتاباً تحت عنوان *أمراض النساء*، يناقش فيه القضايا المتعلقة بالحمل والتغيرات التي تمر بها المرأة.

105 يستخدم **الصينيون** مسحوق زهرة الأقحوان لقتل الحشرات (نعلم اليوم أن المسحوق يحتوي على مادة الباريثروم المبيد القوي للحشرات).

140 يصف الطبيب الإغريقي أريتاوس الكابادوشي (اشتهر خلال القرن الثاني) أعراض وعلاج عدد من الأمراض بما في ذلك أمراض التهاب ذات الجنب والتيتانوس والصرع.

175 يبدأ الطبيب الإغريقي **غالن البيرغامومي** (حوالي 129 –حوالي 216) استخدام النبض (باللمس) وسيلة مُعينة في التشخيص، وفي مرحلة لاحقة يضع مؤلفاً طبياً يعتبر إنجيل الأطباء.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

طور المهندسون الرومان أنواعاً من الأقواس والوصلات (العقد) الصخرية لتشييد الجسور والقنوات المائية والمباني مثل الكولسيوم والبانثيوم في روما، كما استخدموا الكونكريت لبناء الهياكل غير المدعومة بأعمدة مثل قبة البانثيوم بارتفاع 142 قدما (43 م).



100 يضع الجغرافي الإغريقي مارينوس من صور (حوالي 70 –حوالي 130) خريطة تحتوي شبكة لخطوط الطول والعرض حتى يمكن تحديد مواقع الأماكن بناءً على إحداثياتها.



بدأ تشييد البانثيوم في روما بأمر من اقريبا (63-12) في عام 27 ميلادي، واكتمل البناء ما بين عامي 118 و128 خلال عهد الإمبراطور هادرين (76-138).

100 بدء ظهور عجلات اليد (أحادية الدولاب) في الصين واستخدامها لنقل الأشخاص والبضائع.

105 يصف موظف المحاكم الصيني تساي لون (حوالي 50 –حوالي 118) تقانة تصنيع الورق باستخدام لحاء الخشب والأسمال البالية ومواد أخرى.

110 يصنع المهندسون العسكريون الروم منجنيقاً مثالياً بذراع واحدة وتوفر أوتار ملتوية قوة دفع القذائف.

125 يُشيد الإمبراطور الروماني هادرين (76–138) قناة بطول 15 ميلاً (24 كم) لتوفير المياه لمدينة أثينا.

128 اكتمال بناء البانثيوم – معبد على طراز إغريقي– في روما. تكون الأسوار من الكونكريت المكسو بالطابوق. يبلغ طول قطر قبته الكونكريتية 142 قدماً (43م).

128 اكتمال بناء سور هادرين في بريطانيا بطول 73 ميلاً (117 كم). يُشكل السور الحدود الدفاعية الشمالية لبريطانيا الرومانية.

200 يُشيد شعب حضارة موتشي على سواحل بيرو ضريحين كبيرين مصنوعين من الطابوق اللبني ويغطي كل ضريح رواق طويل. تبلغ أطوال أضلاع قاعدة الضريح المخصص للشمس 7,874 قدماً (2,400 م) طولاً و 525 قدماً (160 م) عرضا وبارتفاع 131 قدماً (40 م)، أما ضريح القمر فتبلغ أبعاده حوالي نصف أبعاد ضريح الشمس.

226 اكتمال تشييد قناة الاكساندرينا المائي بطول 14 ميلاً (22 كم) وتستند القناة على دعامات مقوسة حتى مدينة روما.

250 يتفوق البرشمان على البردي كمادة للكتابة عليها في بلدان البحر الأبيض المتوسط.

الطرق والقنوات المائية الرومانية
ROMAN ROADS AND AQUEDUCTS





▲ مازالت بعض أجزاء فيا أبيا في إيطاليا، الذي يعود تاريخ تشييده إلى عام 312 ق.م.، باقياً حتى الآن بما في ذلك آثار الحفر التي أحدثتها عربات النقل والسباق.

شيد الرومان الطرق على امتداد إمبراطوريتهم منذ القرن الرابع قبل الميلاد. ولاستبدال طرقهم القديمة المملوءة بالطين المتماسك شتاءً وبالغبار الخانق صيفاً بنى الرومان الطرق الجديدة بتصميم هندسي محكم وعلى أساسات صلبة، وجعلوا على الجانبين مصارف للمياه التي تتجمع على الأسطح المحدودبة للطرق.

امتدت الطرق الرومانية في أوجها مسافة 50,000 ميل (80,000 كم) – وهي مسافة تساوي ضعفي محيط الأرض. ومن روما انتشر 29 طريقاً عسكرياً كبيرا، وبالإضافة إلى ذلك شُيدت طرق من مدينة قرطاج في الشمال الإفريقي على امتداد السواحل الجنوبية للبحر الأبيض المتوسط، وفي أرض الغال (فرنسا) صُممت الطرق على شكل أشعة مركزها مدينة ليون، كما أن لندن كانت مركز نظام الطرق في بريطانيا. شيد الجنرال الروماني أبيوس كلوديوس كاكوس (اشتهر خلال القرن الرابع قبل الميلاد) أول الطرق الرومانية عام 312 ق.م. بدأ الطريق من مدينة روما باتجاه الجنوب، ويُعرف بطريق أبيا، وامتد الطريق في البداية إلى مدينة كابيوا، لكن أعمال التوسعة اللاحقة زادت في طوله ليصل الساحل عند مدينة بروندسيوم (برندسي حاليا)، وتتابعت أعمال تشييد الطرق من بعد ذلك، مثل طريق أورليا الذي يصل روما بمدينة جنوا وطريق فلامينيا الموصل إلى الساحل الأدرياتيكي، وقد سُمي الطريقان نسبة إلى اثنين من رجال الدولة المهمين.

جاء تشييد الطرق الرومانية في البداية بهدف تسهيل حركة البريد والتجار والمسئولين مثل محصلي الضرائب، لكنها وفرت أيضاً وسيلة سريعة لنقل الجنود في مواجهة مشاكل السكان المحليين في حالة حدوث أي اضطراب. شُيدت الطرق مستقيمة حيثما كان ذلك ممكناً وباستخدام جهاز للمسح يدعى غروما، وكانت مواضع انحناءاتها (إن اقتضت الحاجة) تُختار على أراض مرتفعة لتسهل الرؤية، وكان المهندسون يبدؤون تشييد الطرق الرئيسة بحفر قناتين متوازيتين لصرف المياه تبعدان عن بعضهما مسافة 40 قدماً (12 م) ومن ثم يحفرون حفرة ضحلة بينهما يملؤونها بالرمل والمِلاط وطبقات متتالية من الحصى الصغيرة لتكوين الأساسات. تُغطى الأساسات بطبقة مانعة للماء تتكون من الحصى المسحوقة يلي ذلك رصف الطريق بكتلٍ صخرية أو بلاط رصف، كما صنعوا الكونكريت باستخدام الحصى المسحوقة وإسمنت الموزلان (الرماد البركاني) حيثما توافر والجبس. وفي الأراضي السبخة أو المستنقعات يتم رفع مستوى الطريق عن مستوى سطح الأرض. بلغت أبعاد أحجار بعض الطرق 8 بوصات (20 سم) ارتفاعاً وقدمين (60 سم) سماكة مع وجود حارات خارجية على الجانبين تستخدم كشوارع ذات اتجاه واحد، ويمكن للعربات السريعة ذات العجلتين قطع 75 ميلاً (120 كم) في اليوم على هذه الطرق، أما عربة النقل التي تجرها ثمانية خيول فيمكنها قطع مسافة 15 ميلاً (25 كم) في اليوم فقط . مع انهيار الإمبراطورية الرومانية تدهورت الطرق لنقص الصيانة لها، واستولى مشيدو الطرق في وقت لاحق على بعض الطرق الرومانية، التي يمكن مشاهدتها بالاستعانة بخريطة لإنجلترا حيث تُوضح الطرق الرومانية بسهم مستقيم.

مع التوسع العمراني في المدن الرومانية ازداد طلب الناس على مياه الشرب والغسيل- تميزت العديد من المدن الرومانية بالحمامات العامة والنوافير، ولذلك بنى المهندسون الرومان قنوات مائية لجلب المياه إلى المدن، والقناة المائية تعني أية قناة دائمة تستخدم لحمل المياه خلالها. فقد يكون مجرفاً مفتوحاً أو مغلقاً أو نفقاً يمر عبر التلال بل وحتى – في أبهى صورها – جسراً يمتد عبر وادٍ.

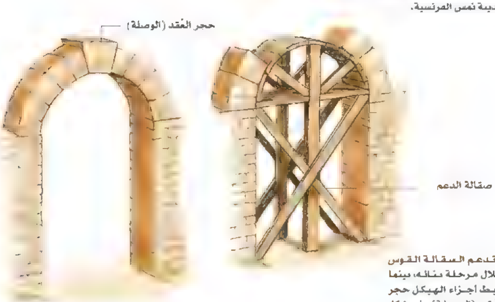
▼ وفر هيكل طبقة الأساسات الاستقرار للطرق الرومانية، بينما ساعد تصميم السطح على صرف المياه إلى قنوات الصرف على جانبي الطريق.





▲ انجاز هندسي مميز. شُيدت قناة بونت دوغارد ذات الطبقات المقوسة الثلاث على نهر غارد لتوفير المياه لمدينة نمس الفرنسية.

خلال الأعوام من 312 ق.م. وحتى 200 ق.م. شيَّد المهندسون 11 قناة مائية لجلب المياه إلى مدينة روما من مناطق يبعد بعضها مسافة 56 ميلاً (90 كم). اعتمد التصميم على بناء القنوات بميل سلس حتى يسري الماء بقوة الجاذبية خلالها. ومازالت بعض القنوات المائية الرومانية قيد الاستخدام في إيطاليا واليونان وإسبانيا. فعلى سبيل المثال شُيدت القناة المائية في مدينة سجوفيا بإسبانيا بأمر من الإمبراطور الروماني تراجان (53–117)، وتتكون القناة من 24,000 كتلة من الجرانيت متصلة مع بعضها دون استخدام مِلاط لتشكل 165 مجموعة من الأقواس بطول 2,400 قدم (730 م)، أما الطبقات المقوسة الثلاث لقناة بونت دوغاردً الشهيرة في مدينة نمس بفرنسا فتمتد مسافة 900 قدم (275 م) ويبلغ أقصي ارتفاع لها 165 قدماً (50 م). شُيدتً هذه القناة في حوالي عام 20 ق.م. بأمر من القائد الروماني ماركوس أغريبا (63-12 ق.م.). ومازالت القناتان تعملان حتى اليوم بشكل كامل.



◄ تدعم السقالة القوس خلال مرحلة بنائه، بينما يربط أجزاء الهيكل حجر العُقد (الوصلة) على شكل إسفينٍ في المركز.

حضارة المايا

THE MAYAN CIVILIZATION

على الرغم من أن حضارة المايا ليست من أولى الحضارات الميزو أمريكية (أمريكا الوسطى) لكنها تُعتبر بعامة الأكثر جدارة بالاهتمام من بينها، ففي وقت كانت غالبية المناطق الأوروبية تغفو في سبات «عصور الظلام» أنتج هذا الشعب المبدع معابد وأهرامات تميزت بإلهام أخاذ ووضعت تقاويم غاية في الدقة واستخدمت الكتابة الهيروغليفية.



▲ سجل المايا الأحداث المهمة والظواهر الفلكية بحفرها على الأعمدة الصخرية الكبيرة أو المسلات. الصورة لعمود استكشف في مدينة سانتا لوشيا كوتزومالوابا في غواتيمالا وتصور الإله كيوتزكوتل وهو يندفع من فم ثعبان الأرض على هيئة نجم الصبح.

تعتبر حضارة المايا دون ريب أعظم حضارات فترة ما قبل احتلال القارة الأمريكية، فقد طور شعب المايا نظاماً متقدماً للكتابة الهيروغليفية يحتوي حوالي 850 رمزاً، مَثّل بعضها مفاهيم بعينها وعبر البعض الآخر عن صوت محدد. وفي العديد من الحالات استخدم رسم شيء ما ليمثل كيفية نُطق اسم الشيء، وذلك عندما يقع النطق داخل الكلمة نفسها – وهي طريقة تسمى «الكتابة التصويرية التذكيرية» كما أن الكهنة – العلماء المايين كانوا علماء فلك ورياضيات على مستوى عالٍ أيضاً. لكن، إنجازهم الأكبر يتمثل في استحداثهم التقويم المايايي. ورغم أن الحضارات الأمريكية الأخرى وضعت تقاويم مختلفة، بيد أن أياً منها لم يصل إلى مستوى التقويم المايايي.

ظهرت الدلائل الأولى لانتشار الحضارة المايايية خلال الفترة التي أسماها المؤرخون الفترة المعرفية المتأخرة ما بين عامي 300 ق.م. و100 ميلادي. وخلال الفترة الكلاسيكية التي امتدت مابين عامي 250 و900 نصب المايا العديد من الأعمدة الصخرية المنحوتة والمسلات، وتعتبر هذه الفترة أكثر الفترات رخاءً لحضارتهم وأهمها تأثيراً في الحضارات الأخرى، وبهجر المايين مراكز احتفالاتهم انتهت الفترة الكلاسيكية حوالي عام 900.

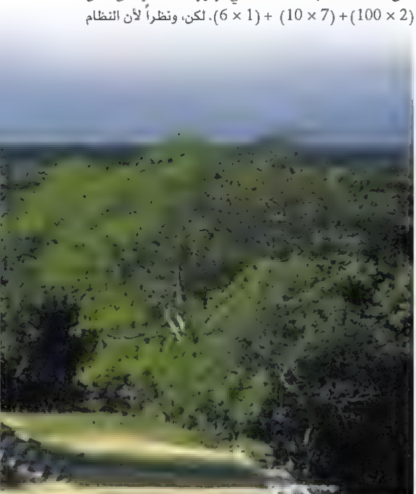
استوطن شعب المايا شبه جزيرة يوكاتان في المكسيك ومدينة بليز وسهول بيتين الجيرية المجاورة في شمالي غواتيمالا وحتى أجزاء من هندوراس والسلفادور، وتتميز الأجزاء الجنوبية من هذه المنطقة بالتضاريس الجبلية البركانية، أما منطقة يوكاتان الوسطى فهي منطقة منخفضة حارة ورطبة، بينما يتميز شمالها بطقس جاف وأراضٍ رقيقة التربة.

تبين الكتابات على الأعمدة المايايية المنحوتة زمن تشييد العمود وأسماء الكهنة والنبلاء في تلك الفترة علاوة على أهم أحداث السنوات العشرين السابقة لنصب العمود. وضع المايون بعض الكتب أيضاً لم يصلنا منها إلا ثلاثة، وأهم الكتب الثلاثة مخطوطة درزدن، نسبة إلى اقتناء مكتبة الدولة السكسونية في مدينة درزدن في ألمانيا لها، وتحتوي على جداول فلكية.

جمع المايون كماً كبيراً من المشاهدات الفلكية بهدف استنباط الظواهر الفلكية الدورية منها. فعلى سبيل المثال، تمكنوا من حساب دورة القمر– الشهر القمري – بمتابعة تسجيل الفترة بين ولادة قمرين ووجدوا أن 149 قمراً جديداً يظهر خلال 4,400 يوم وعلى هذا الأساس حسبوا طول الشهر القمري بـ 29.5302 يوماً. ويبلغ الزمن المتعارف عليه حالياً 29.53059 يوما. وتوصل المايا أيضاً إلى التنبؤ بحدوث الكسوف الشمسي، وإن لم يستطيعوا تحديد مواقع مشاهدته. ونظراً لعدم إدراكهم مفهوم دوران القمر حول الأرض ودوران الأرض حول الشمس لم تستند تنبؤاتهم حول الكسوف على الحساب، بل على السجلات التفصيلية لمشاهداتهم السابقة. فمن هذه السجلات استنبطوا عدم إمكانية وقوع الكسوف إذا ظهر القمر الجديد بعد 18 يوماً من عبور الشمس مساره، وحسبوا متوسط حركة كوكب الزهرة وبدقة بلغت نسبة الخطأ فيها يوماً واحداً لكل 6,000 عام، وتوصلوا أيضا إلى أن كوكب الزهرة يظهر في الصباح وفي المساء على حد سواء.

احتاج المايا إلى نظام عددي يستخدمونه لتسجيل التواريخ وإجراء العمليات الحسابية المختلفة، وبتطويرهم لهذا النظام استحدثوا مفهومين غاية في الأهمية هما اعتماد القيمة على موضع الرمز واختراع رمز الصفر، وبحسب نظامهم العددي مثلت النقطة العدد واحد والخط الأفقي العدد خمسة وصورة القوقعة العدد صفر، وكان هذا النظام سائداً حوالي عام 400 ق.م.

أدت فكرة دلالة موقع الرمز لعدد ما على قيمته إلى إمكانية التعبير كتابة عن الأعداد الكبيرة بشكل واضح وسهل، ومثالٌ على ذلك أننا نكتب العدد 276 في ترميزنا المعاصر على شكل (2 × 100) + (7 × 10) + (1 × 6). لكن، ونظراً لأن النظام



▼ مثل المايا الأعداد برموز بحث يعبر شكل القوقعة عن العدد صفر والنقطة عن العدد 1 والخط الأفقي عن العدد 5. أما القيم التي تزيد عن 19 فعبروا عنها بوضع الرموز على شكل عمود بحيث يكون العدد الأقل في الأسفل والعدد الأكبر في الأعلى، نضرب مثالاً على ذلك أن العدد 126 يكتب عمودياً السطر السفلي منه يحتوي خطاً (العدد 5) فوقه نقطة (العدد 1)، ويعني ذلك العدد 6، والسطر العلوي يحتوي خطاً فوقه نقطة وتمثل ست وحدات من العشرين، وبذلك يكون المجموع (20x1+5+1 + 20x5).



126 20 19 11 5 4 1 0

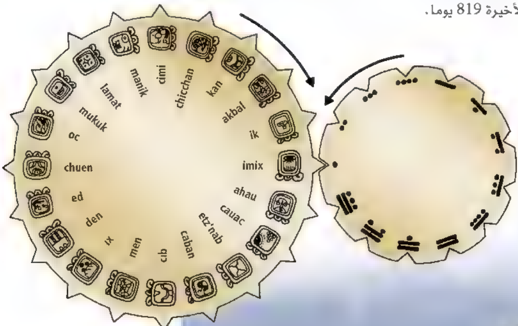
العددي للمايا يتخذ العدد 20 أساساً لـه (بينما نستخدم حالياً العدد 10 أساسا)، فإن القيمة الموضعية للرقم الأساس تشمل الأعداد 1، 20، 200 وهكذا. لكن المايا استخدموا العددين 1 و 20 فقط بالإضافة إلى حاصل الضرب 20 × 18 في عملياتهم الحسابية. هذا النظام عقد الحسابات بشكل كبير، لكن لاحظ أن 20 × 18 يساوي 360 وهو عدد أيام السنة في تقويم المايا.

من أكثر نتاجات المايا شهرة التقويم الذي استحدثوه، والحقيقة أنهم وضعوا تقاويم ثلاثة. أسس التقويم الأول على السنة المقدسة ذات 260 يوماً مرتبة ضمن دورتين متداخلتين، تتكون الدورة الأولى من اليوم الأول إلى اليوم الثالث عشر، أما الدورة الثانية فتتكون من عشرين يوماً مسماة بأسماء الآلهة، ويتحدد أي يوم من أيام السنة المقدسة برمز (من 1 إلى 13 من الدورة الأولى) واسم الإله (من الدورة الثانية). لكن هذا التقويم عديم النفع للمزارعين، ولذلك ابتدع المايا تقويماً شمسياً للاستخدامات الحياتية، وقُسمت السنة في هذا التقويم الشمسي إلى 18 شهراً بطول 20 يوماً لكل شهر يضاف إليها خمسة أيام نحسات - فترة «مجهولة الاسم». وساد الاعتقاد أن مواليد هذه الفترة ملعونون في حياتهم.

أما التقويم الثالث الذي استخدمه المايا فيختص بحساب الفترات الطويلة ويتكون من مجموعة من الدورات ويُعرف اليوم فيه الكن والعشرون كناً اليونال، وكل ثماني عشر يونالاً توناً واحداً (360 يوماً)، والعشرون تونا كاتوناً واحداً (7,200 يوم)، والعشرون كاتوناً باكتوناً واحدا (144,000 يوم). وأطول دورة في هذا التقويم هو الألوتون وفيه 23,040,000,000 يوما.

ولسبب غير واضح اعتبر يوم الثالث عشر من أغسطس عام 3114 ق.م.، بحسب تقويمنا، صفراً للتقويم. وتوضيحاً لهذه الدورات نسوق المثال التالي: يعني تاريخ 8/11/15/3/18 بحسب تقويم الدورات الطويلة أن الأيام التي مرت منذ صفر التقويم هي 8 باكتونات و11 كاتونات و 15 تونات و3 يونالات و18 كنات، وبجمع هذه الأيام نجد أن التاريخ المقصود بحسب تقويمنا المعاصر هو التاسع من شهر يوليو عام 273 ميلادي.

استخدم علماء المايا مجموعة جداول ملحقة بالتقويم طويل الدورات تضم معلومات عن الشهر القمري ومجموعة ثانوية تُستنبط من علاقة تُعنى بتصحيح تاريخ التقويم حتى ينسجم مع الشهر القمري والسنة الشمسية، وكانوا أيضاً معنيين بالأخذ بعين الاعتبار ثلاث دورات لثلاث مناسبات دينية تقدم فيها القرابين، تمتد الدورة الأولى 4 أيام والثانية 9 أيام والأخيرة 819 يوما.



▼ يوضح الشكل التخطيطي آلية عمل التقويم المقدس ذي 260 يوما. تضم العجلة على اليسار 13 عدداً والعجلة على اليمين تحتوي اسماء ترمز لعشرين يوما. تدار العجلتان بحيث يتطابق كل عدد مع يوم معين. وبعد 13 يوماً تصلُ العجلةَ إلى اليمين إلى الرقم الذي بدأت منه ليبدأ أسبوع جديد، لكن باسم آخر. وبذلك فإن زمن الدورة الكاملة للعجلتين معا هو 260 يوما.

تواريخ مفصلية

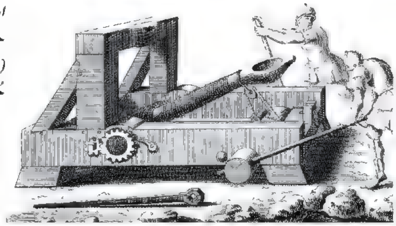
400 ق.م.	استحداث نظام الأعداد.
250	بداية الفترة الكلاسيكية.
900	نهاية الفترة الكلاسيكية.



◄ شيدت مدينة تشيشن إتزا جنوب وسط يوكاتان حوالي القرن السادس الميلادي. ويُسمى البناء في مقدمة الصورة الكاراكول (الحلزون أو القوقعة) واستخدم كمرصد فلكي، وفي الخلفية يبدو الهرم المُسمى الكاستيللو والذي شيده الغزاة فيما بعد.

الراجمات القديمة
ANCIENT ARTILLERY

استخدمت الجيوش القديمة للإغريق والرومان مدى واسعاً من العتاد العسكري الثقيل حيث يُقذف الأعداء بالصخور والسهام بهدف توفير الدعم لجنود المشاة وذوي الأعنة (الجنود المهاجمة بالعربات). وقد ثُبتت غالبية هذه الأسلحة بغرض الدفاع، لكن بعضها حُمل على عربات متحركة ونُشر في ساحات المعركة.



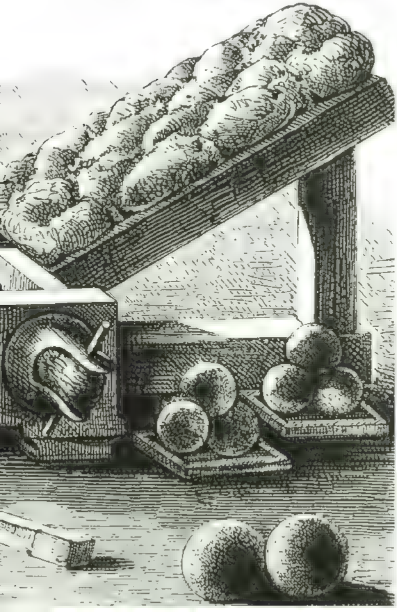
▲ استخدم الجنود الرومان آلة المنجنيق لحصار المدن وذلك بقذف مواقع الأعداء بالصخور. والنوع المبين في الصورة يستخدم الحبال المجدولة لتوفير قوة الدفع اللازمة.

اخترع الإغريق العديد من أسلحة المدفعية القديمة والتي تبناها الرومان في وقت لاحق وطورها مهندسوهم، ومثل المنجنيق سلاح قاذفات الصواريخ الرئيس، ففي عام 399 ق.م. مول حاكم المستعمرة الإغريقية في سيراكيوز بجزيرة صقلية **ديونيسوس الأكبر** (حوالي 431 – حوالي 367 ق.م.) برنامجاً بحثياً لاختراع سلاح جديد يستخدم في الحرب التي كان يستعد لها مع القرطاجيين. بنى المهندسون منجنيقاً لإطلاق السهام على هيئة نشابة هائلة (أنظر الرسم التخطيطي في أسفل اليسار)، وصنعوا قوساً – المسافة بين طرفيه 7.5 أقدام (2.3 م)- من شرائح من الخشب أو قرون الحيوانات موصلة مع بعضها على هيئة صفائح (ما يُسمى بالقوس المركب). ولشد خيط القوس يستخدم فريق الرماية رافعة مثبة على المنجنيق تسحب مخلباً وزناداً إلى الخلف على سطح منزلق ذي سكتين مثبت بماسكة. تتسع كل سكة من سكتي المنزلق لسهم بطول 6 أقدام (2 م) يطلق بتحريك الزناد ليحرر المخلب، ويسمح محور في مقدمة القوس بتوجيه المنجنيق في أي اتجاه. ذهب الإغريق مدى أبعد في تطوير المنجنيق فصنعوا نموذجاً أسموه بوليبولس (متعدد السكاكين أو الرامي المتعدد أو ما نطلق عليه اليوم الرشاش) يطلق القذائف الواحدة تلو الأخرى من قادوس (صفيحة قمعية الشكل) أو مستودع مثبت في أعلى المنزلق.

أطلق الرومان اسم البالستا (القاذف) على المنجنيق وتبنوا التصميم الإغريقي لإطلاق سهام قصيرة بطول 27 بوصة (69 سم) وثبتوه في الغالب على إطار حديدي ذي عجلات. استخدم القائد الروماني فيسباسيان (9–79 ميلادي) البالستا بكفاءة عالية في حروبه ضد المحاربين السلتيين (أو الكلتيين) في بريطانيا. وتضم الرفات البشرية التي تعود إلى عام 43 ميلادي والمستكشفة في الحصن الجبلي المُسمى قصر ميدن بجنوب إنجلترا، تضم جمجمة يخترقها ثقب نتيجة إصابتها بسهم بالستي.

في تصميم إغريقي مختلف قليلاً للمنجنيق تُستخدم الحبال المجدولة بدلاً من القوس لتوفير قوة الدفع، فتقوم جديلتان من الحبال أو من الأوتار الحيوانية مشتتان عمودياً بسحب قطعتين قصيرتين من الخشب. يوصل القطعتين ببعضها وتر يشبه وتر القوس. عند قيام الرامي بشد الوتر يزيد التواء الخيوط بشكل أكبر، وعند تحرير الوتر بواسطة زناد تلتف الخيوط المجدولة بقوة هائلة. وفي نسخة صُنعت للملك المقدوني فيليب الثاني (حكم من 359–336 ق.م.) استخدمت سهام على شكل رماح بطول 13 قدماً (4 م)، كما أن ابن فيليب، الإسكندر الأكبر (356–323 ق.م.)، استخدم أسلحة مثل هذه في حربه ضد الفرس.

علاوة على ذلك صُممت نسخ أكبر من هذا النوع من الراجمات لإطلاق الحجارة بدلاً من السهام. وضمن ما يُروى عن عالم الرياضيات والمهندس الإغريقي *أرخميدس* (حوالي 287–212ق.م.) أنه بنى منجنيقاً يمكنه إلقاء حجارة تزن 175 رطلاً (79 كجم) مسافة 200 يادرة (183 م). وثُبتت هذه الآلة



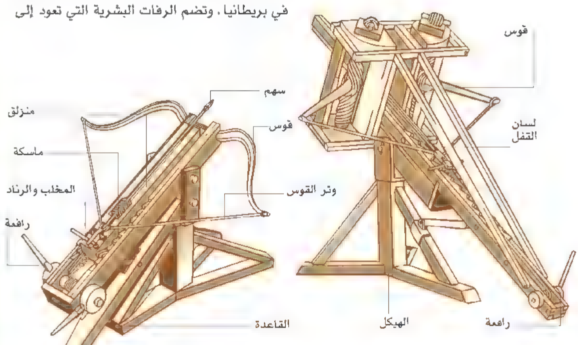
تواريخ مفصلية

399 ق.م. تطوير الإغريق في صقلية الأسلحة في حربهم مع القرطاجيين.

215 ق.م. تطوير أرخميدس للأسلحة .

620 اختراع نار الإغريق.

▼ في الصورة مخطط لنوعين من الراجمات الرامية للسهام. تعمل البالستا (اليسار) باستخدام زوج من الحبال المجدولة لتوفر قوة الدفع، بينما يستخدم النوع الأخر قوساً مصفحاً كبيرا (اليمين).

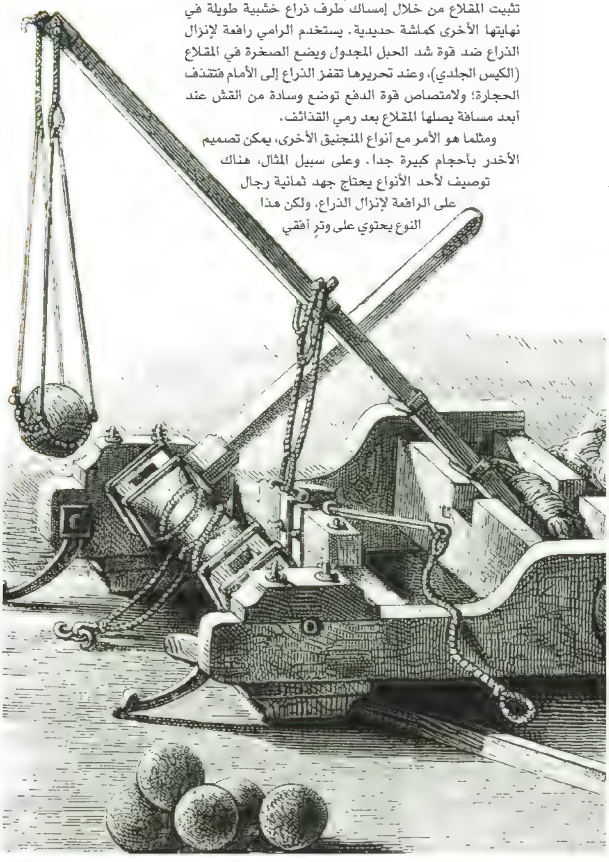


الضخمة على ظهر سفينة لصد هجوم الأسطول الروماني خلال حصار مدينة سيراكيوز (215 ق.م.). وعلى الأرض استخدمت راجمات أكبر من ذلك بكثير، لذا بُنيت الأسوار الدفاعية حول المدن بسماكة لا تقل عن 15 قدماً (4.6 م) بحيث يمكنها الصمود أمام سقوط قذائف من الأحجار تبلغ كتلة الواحدة منها 350 رطلا (129 كجم).

المقلاع أداة رمي يدوية قديمة استخدمها نبي الله داود (عليه السلام) لقتل العملاق جالوت، بحسب الرواية الإنجيلية. ويتكون المقلاع من حبل متصل بكيس جلدي توضع الحجارة فيه، ويقوم الرامي بقذف الحجارة واضعاً المقلاع على امتداد يده وموفراً قوة الدفع بتحريك المقلاع من خلفه أو بإدارته بضع دورات حول رأسه. وقد اخترع الرومان منجنيقا آليا مبنياً على مبدأ عمل المقلاع أسموه الأخدر (الأخدر نوع من الحمير الوحشية مشهور بالرفس بقدميه الخلفيتين). يتكون هذا المنجنيق من إطار أفقي في وسطه عارضتان تميلان باتجاه أفقي، ويمر حبل من الأوتار المجدولة في ثقبين كبيرين في وسط العارضتين بينما يُثبت الطرف الآخر من الحبل خارج كلٍ من العارضتين، ومهمة الحبل تثبيت المقلاع من خلال إمساك طرف ذراع خشبية طويلة في نهايتها الأخرى كماشة حديدية. يستخدم الرامي رافعة لإنزال الذراع ضد قوة شد الحبل المجدول ويضع الصخرة في المقلاع (الكيس الجلدي)، وعند تحريرها تقفز الذراع إلى الأمام فتقذف الحجارة؛ ولامتصاص قوة الدفع توضع وسادة من القش عند أبعد مسافة يصلها المقلاع بعد رمي القذائف.

ومثلما هو الأمر مع أنواع المنجنيق الأخرى، يمكن تصميم الأخدر بأحجام كبيرة جدا. وعلى سبيل المثال، هناك توصيف لأحد الأنواع يحتاج جهد ثمانية رجال على الرافعة لإنزال الذراع، ولكن هذا النوع يحتوي على وترٍ أفقي واحد وذراع واحدة فقط بدل الوترين المجدولين والذراعين كما هو الحال في الأنواع الأصغر (تحتاج عملية التوازن في تصميم الأخدر ذي الوترين والذراعين إلى عناية فائقة)؛ ولذلك فإن تنفيذ النموذج ذي الذراع الواحدة والخيط الواحد أسهل بكثير.

استمرت الجيوش في أوروبا في استخدام المنجنيق بعد انهيار الإمبراطورية الرومانية وحتى خلال العصور الوسطى، اخترعوا نوعاً من المنجنيق يشبه النواسه (لعبة من ألعاب الأراجيح) حيث توضع صخرة في طرف عارضة مرتكزة على الأرض عند منتصفها وقابلة للدوران أفقيا. وبإسقاط صخرة أخرى من عمود على الطرف الحر من العارضة تنطلق الصخرة الأولى في الهواء في مسار منحنٍ لتُصيب الهدف. ومع اختراع المدافع في القرن الرابع عشر اختفت كل أنواع المنجنيق.



▼ يمكن للأخدر قذف كرة من الحجر مسافة تزيد من 100 ياردة (91 م). الصورة لمقلاع منصوب في موضعه ومُعدّ لقذف الحجارة.

نار الإغريق

مثلت السفن المتحركة أهدافاً صعبة للغاية وبخاصة إذا كان المنجنيق محمولاً على ظهر سفينة متحركة أيضاً. وحتى إذا أصابت القذائف الهدف فالاحتمال ضئيل بأن تكون الضربة قاضية للسفن الإغريقية والرومانية ذات الأبدان القوية. لكن هذه السفن نفسها – ذات الأشرعة المصنوعة من القماش والمشيدة أبدانها من الخشب المطلي بالقار – قابلة للاشتعال بسهولة. ومما يروى أنه خلال الدفاع عن مدينة سيراكيوز استخدم **أرخميدس** (حوالي 287 – 212 ق.م.) مرايا كروية لتركيز أشعة الشمس على السفن الرومانية وإحراقها.

في بدايات السبعينيات من القرن السابع اخترع المهندس والكيميائي الإغريقي كالينيكوس، المولود في سوريا عام 620، مزيجاً كيميائياً سريع الاشتعال عرف بنار الإغريق. لا نعرف بالضبط تركيب هذه المادة، لكن من المحتمل أنها اشتملت على القار وزيت الراتنج والملح الصخري (نيترات البوتاسيوم أو الصوديوم) والكبريت، ويحتمل احتواؤها الزيوت المعدنية (النفط) أيضا. كانت السفن المعادية تُقصف باستمرار بحاويات من هذا المزيج ليشتعل موضع سقوطها بما في ذلك سطح البحر نفسه وحتى لو لم تُصب القذائف السفينة مباشرة، وأدى اشتعال المزيج إلى اشتعال بدن السفينة وحرق الجنود البؤساء الذين شاء حظهم العاثر أن يقفزوا من السفينة إلى البحر طلبا للنجاة. ففي عام 674 أحرق المدافعون عن بيزنطة (إسطنبول حاليا) الأسطول العربي القادم من دمشق وذلك باستخدام نار الإغريق، واستخدم البيزنطيون في هذه المعركة مضخة بدائية لرش المزيج الحارق.

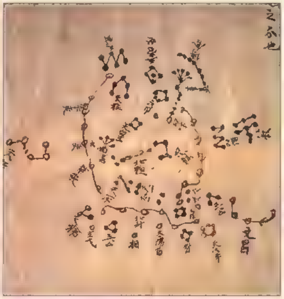


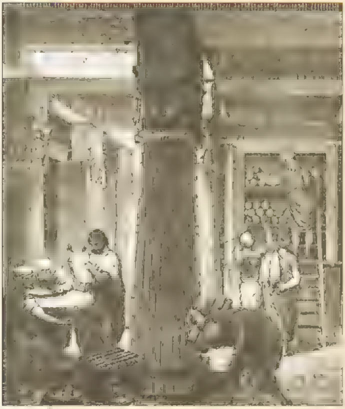
علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

269 تدمير مكتبة الإسكندرية عند مهاجمة زنوبيا ملكة تدمر في سوريا لمصر، وفي عام 391 تُدمر المكتبة بالكامل خلال المظاهرات (مظاهرات الوثنيين ضد المسيحيين).

310 يجمع الفلكي الصيني تشن زهاو (حوالي 230 –حوالي 320) الخرائط الفلكية القديمة في خريطة شاملة واحدة للنجوم.

خريطة صينية للحشود النجمية على لفائف من البرشمان (نوع من الورق النفيس)، ويعتبر تشن زهاو أول من وضع خريطة شاملة للنجوم، وذلك عام 310.





ضمت مكتبة الإسكندرية في الشمال المصري أعظم مجموعة من الوثائق في العصور الكلاسيكية. أسس المكتبة الفرعون بطليموس الأول (يُعرف أيضا بالفرعون سوتر) في بداية القرن الثالث قبل الميلاد، لكنها شُيدت في عهد ابنه بطليموس الثاني (فيلادلفس) في حوالي عام 283 ق.م. انشئت المكتبة أساساً كقسم للأبحاث تابع لمتحف الإسكندرية، وحوت قسماً صغيراً باسم الإله سيرابيس عند معبد قريب له بناه الفرعون بطليموس الثالث (يورجيتس) في حوالي عام 235 ق.م. احتوت المكتبة على مئات الآلاف من المجلدات والمخطوطات واللفائف الجلدية أو المكتوبة على أوراق البردي لكل أعمال الشعراء وكتاب المسرح الإغريقي تقريباً، والتي نقلت عن محتويات مكتبة **أرسطو** في أثينا. عمل في المكتبة عددٌ كبيرٌ من الموظفين بما في ذلك المترجمين والمحررين والناسخين الذين أوكلت إليهم مهمة إضافة كتب جديدة لها، وقد أدى حريق عام 269 إلى تدمير جزء من المكتبة، كما أدت التظاهرات خلال الحرب الأهلية إلى تدميرها بالكامل، وقام المسيحيون بنهب قسم سيرابيس عام 391.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

265 يضع الطبيب الصيني هوانغ فو-مي مؤلفاً رئيساً في العلاج بالإبر الصينية، يشرح فيه طرق علاج طبية تستدعي غرز إبر دقيقة خلال الجلد.

300 يتعلم الرومان من البريطانيين استخدام الفحم وقوداً وسرعان ما يتبنون الطريقة في تدفئة منازلهم.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

271 استخدام البوصلة لأول مرة في الصين ومن المحتمل أنها لم تكن اكثر من حجر مغناطيسي يُستدل به على اتجاه الجنوب.

300 يُشيد الإمبراطور الروماني دايوكليتين (245-313) قصراً في مدينة سبالاتوم (مدينة سبلت الحالية في كرواتيا) يستخدم فيه التقانة الجديدة بدعم الأقواس بالأعمدة الحرة.

300 يُشيد الرومان مطحنة دقيق تديرها 16 دواليب مائية علوية.

302 يُصور رسم صيني على الفخار فارساً يستخدم ركاباً معدنيا.

305 يستخدم الصناع الصينيون الفحم بدل الخشب في عمليات تصنيع حديد الزهر.

350 إنشاء منشرة لقطع الرخام في فرنسا تُدار بطاقة المياه الجارية.

طور الصينيون العديد من الاختراعات من بينها الركاب، وقد انتشر استخدام الركاب مع السرج واللجام في حوالي عام 300.

350 تُصبح مدينة انطاكيه (في تركيا) أول مدينة لها نظام لإنارة الشوارع.

365 ظهور أول ذكر في العالم الغربي للذراع الميكانيكية (الكرنك) في كتاب للطبيب الإغريقي أوريباسيوس (325 –حوالي 400) يصف فيه استخدامها في تجبير العظام.

400 استخدام المظلة للوقاية من الشمس ومن المطر في الصين.

405 يصنع الحدادون **الصينيون** الفولاذ بطرق مزيج من حديد المطاوع وحديد الزهر.

410 تخترع عالمة الرياضيات والفيلسوفة الإغريقية هايباتيا (توفيت عام 415) الهيدروميتر لقياس كثافة السوائل (الكثافة النوعية)، ويتكون من أنبوب مسدود بإحكام متصل بثقل من أحد طرفيه وتُدرج الكثافات على سطحه، وتسُمي الاختراع الجديد هايدروسكوب.



415 يستخدم المهندسون الهنود السلاسل الحديدية في تشييد الجسور المعلقة، كما أنهم ينصبون عموداً حديدياً في دلهي يزن 6.6 طناً (6 أطنان مترية) وبارتفاع 23 قدما (7 م). (يحتمل أن العمود وضع لاستخدامه حاملاً لنصب ما).

489 ينحت الفنانون **الصينيون** نصباً لبوذا بارتفاع 165 قدماً (50 م) على سطح الصخور في مدينة يونغانغ، ويُحتمل أن الفنانين

انظر أيضاً استخدام المعادن 1: 38-39؛ العلوم الصينية 2: 30-31؛ العد والمِعداد 2: 32-33؛ الطاقة المائية 2: 36-37

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

330 يقدم الفلكي الصيني يو هسي تفسيراً لبدار الاعتدالين (الإبطاء الظاهري غرباً لحدوث الاعتدالين بالنسبة لنجوم في الخلفية)، وقد اكتشف الظاهرة لأول مرة الفلكي الإغريقي **هيباركوس النايسياني** (حوالي 180-125ق.م.) ، عام 150 ق.م. تقريبا .

340 ينشر عالم الرياضيات **بابوس الإسكندري** (اشتهر خلال القرن الرابع) مؤلفاً يحتوي مجموعة من المسائل في الهندسة بعنوان *ساينو غوج*، يحتوي الكتاب أيضا تعليقات على كتاب *العناصر* لعالم الرياضيات الإغريقي **إقليدس** (اشتهر خلال 300 ق.م) وكتاب *الماجست* (*الماجسطي*) لعالم الفلك والجغرافي الإغريقي **بطليموس** (حوالي 100 – حوالي 170).

350 يُنشر كتاب هندي في علم الفلك، سيورا- سدهانتا . يحتوي المؤلف على جداول في حساب المثلثات لقيم جيب الزوايا.

369 يرصد الفلكيون **الصينيون** ظهور مستعر أعظمي (يُسمونه النجم الزائر أو الضيف) والذي يبقى مشعا على مدى خمسة أشهر. كما يوثقون مشاهدة مستعر يبقى ظاهراً في السماء ثلاثة أشهر وذلك عام 386 وآخر عام 393 يبقى ثمانية أشهر.

400 يستخدم علماء الإسكندرية المصطلح العربي الكيمياء لوصف التفاعلات التي تحدث خلال تغيرات المادة. ولم تدخل المشتقة (الكيمي) إلى اللغة اللاتينية إلا بحلول بدايات القرن السابع عشر، وتم تبني مصطلح «chemistry» بعد 50 سنة من ذلك.

460 يؤكد عالم الرياضيات **بروكلوس القسطنطيني** (حوالي 410-485) مبدأ عدم إمكانية رسم أكثر من خط واحد عند نقطة ما بحيث يوازي الخط المرسوم خطا مرسوما آخر (مبدأ عدم إمكانية تلاقي الخطوط المتوازية)، ويُعرف هذا المبدأ فيما بعد بفرضية بليفير نسبة إلى عالم الرياضيات الإسكتلندي جون بليفير (1748-1819) الذي أعاد اكتشافه عام 1795.

465 يستخدم عالم الرياضيات **الصيني** تسو تشانغ تشي (429-501) دائرة قطرها 3 أمتار لحساب قيمة (باي) إلى عشرة أرقام معنوية ونتيجة 3.1415929203 (القيمة الصحيحة 3.1415926535).

497 يضع عالم الرياضيات الهندي أرياباتا (ولد عام 476) فرضية دوران الأرض حول محورها، وبناء على ذلك يُعيد حسابات الإغريق للنظام الشمسي، كما يحسب بعد سنتين قيمة (باي) ليستنتج أنها 3.1416 (انظر المدخل أعلاه للقيمة الصحيحة).

520 يقوم الفيلسوف الروماني بوثوس (أنيشيوس مانليوس سفرنوس، حوالي 480-524) بترجمة العديد من *مؤلفات أرسطو* إلى اللاتينية موفراً بذلك المصدر الرئيس لهذه الأعمال للباحثين في العصور الوسطى.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

304 يصف الكاتب الصيني هسي هان طريقة لاستغلال النمل لمكافحة الحشرات الأخرى التي تهاجم برتقال المندرين (الأفندي). (يباع النمل في الأسواق).

350 يزرع الفلاحون الصينيون نبات الشاي، النبات دائم الاخضرار (*كاميليا سابنيسس*) الذي كان ينمو من قبل في البرية.

500 بداية استزراع دودة القز في القسطنطينية (إسطنبول حاليا)، باستخدام الدود الذي يهربه الرهبان المسيحيون من الصين.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION



هم من الرهبان، وبعد بضع سنين يُشيد الإمبراطور زايو ون نصبا شبيهاً في لونغمن كروتوز قرب العاصمة الجديدة للإمبراطورية لويانغ (في مقاطعة هينان الحالية).

495 يصف الكاتب الصيني زو تشونغ زهي قارباً يعمل بالعجلات التي تُدار بواسطة الأرجل وله عدة عجلات على كل جانب.

500 يصنع شعب مانتينو في أمريكا الجنوبية (في الإكوادور الحالية) رؤوس فؤوس من رقائق النحاس يعتقد بأنها استخدمت كعملات نقدية.

510 يصنع الحرفيون في غزة (فلسطين حاليا) ساعة مائية منبهة (ذات أجراس) غاية في التعقيد.

نحت الرهبان هذا النصب الهائل لبوذا بحفره على سطوح صخور لونغانغ في الصين في حوالي عام 489. يبلغ ارتفاع النصب 165 قدما (50 م).

العلوم الصينية

Chinese Science

نبعت بعض أعظم الاختراعات في العالم في الصين، فلعلماء الصين القدامى تُدين بالفضل لأدوات عدة من بينها الطائرة الورقية ودولاب الغزل (المغزل) والبوصلة والنشابة (آلة رمي عسكرية) والعربة أحادية العجلة.



▲ اعتمد الصينيون بشكل كبير على العربة ذات العجلة الواحدة حتى بدايات القرن العشرين، وقد ظهرت هذه العربة أول مرة في حوالي عام 100 ميلادي كوسيلة لنقل البضائع.

تواريخ مفصلية

1000 ق.م.	الطائرة الورقية
600 ق.م.	شفرات المحراث الحديدية.
250 ق.م.	ريش الكتابة المصنوعة من وبر الجمال.
القرن الأول (ميلادي)	دفة المراكب.
100	العربة أحادية العجلة.
حوالي **105**	الورق.
132	السيزموغراف (مقياس الزلازل).
868	أول كتاب مطبوع.

يُعزى اختراع أداة للكتابة على شكل ريشة مصنوعة من وبر الجمال إلى القائد الصيني منغ تيان (توفي عام 209 ق.م.) وذلك عام 250 ق.م. كان الناس قبل ذلك يكتبون على القماش، لكن الانتشار الواسع لريشة الكتابة أدى إلى ارتفاع الحاجة للبحث عن وسيط كتابة أرخص وأوفر، وفي عام 105 ميلادي عرض موظف المحكمة تساي لن (حوالي 50 – 118) فكرة تصنيع صحائف الكتابة من خليط من لحاء الأشجار الذابلة ومخلفات تصنيع القنب والأسمال البالية وشباك الصيد المهترئة، وفي الحقيقة أن تساي لن اخترع الورق. كما أن الصينيين طبعوا أول كتاب معروف لنا (الترجمة الصينية لكتاب المحاورات الماسية، وهو كتاب يُعنى بتعاليم بوذا) وذلك عام 868، ويتكون الكتاب من شرائح متراصة مع بعضها ملطخة بالحبر مطبوعة بواسطة قوالب خشبية محفورة على شكل لفيفة ورقية يبلغ طولها 16 قدماً (5 م).

وتعود الكتب الصينية في الكيمياء إلى القرن التاسع وتحتوي معادلات كيميائية لتصنيع مزيج قابل للاشتعال ويصدر ومضات ضوء – يعتبر هذا المزيج السلف الأول للبارود. كما يذكر كتاب وضع حوالي سنة 83 آلة تُسمى السنان تتكون من وعاء مغناطيسي على شكل ملعقة تتزن بحيث تأخذ يدها اتجاه الجنوب دائماً، ويعتقد أن السنان استخدم كبوصلة بدائية من حوالي سنة 300. وفي عام 132 اخترع العالم تشانغ هنغ نوعاً من أنواع ديك الرياح (أداة على شكل ديك قابل للدوران لتحديد اتجاه الرياح)، والحقيقة أنه اخترع السيزموغراف (مقياس الزلازل). ويتكون الجهاز من بندول مقلوب في نهايته مسمار، وعند حدوث أية هزة أرضية يختل اتزان البندول فيتحرك المسمار ليدخل شقاً من الشقوق الشعاعية الثمانية المحفورة على القاعدة، ويؤدي ذلك إلى رفع كرة موجودة في الشق لتقذف من فم تنين مثبت خارج الوعاء ولتسقط الكرة في فم أحد الضفادع الثمانية الموجودة أسفل التنين. ويتحدد اتجاه مركز الهزة الأرضية اعتماداً على الضفدع الذي تسقط في فمه الكرة. وما ذُكر لا يمثل إلا عدداً بسيطاً من الكم الهائل من الاختراعات العملية للصينيين واستنباطهم طرقاً لمعالجة تصنيع الأشياء.



◀ نموذج لساعة فلكية صينية تدار بواسطة قوة دفع الماء، تعود إلى حوالي عام 1092، بلغ ارتفاع البرج الأصلي للساعة أكثر من 37 قدماً (11 م)، وشملت وظائفها متابعة حركة النجوم وتسجيل البيانات الفلكية وتحديد الزمن في آن واحد.

وجدير بالذكر أن التطور الصيني اتخذ مساراً فكرياً مختلفاً عن المسار الفكري الأوروبي. فالعلم الأوروبي تطور كنظام فكري يستهدف الوصول إلى فهم شامل للطبيعة بشكل تدريجي متسلسل (خطوة بخطوة). جاء هذا المنهج نتيجة قيود النظام الفلسفي الشائع حينئذ علاوة على القيود الدينية. وعلى الجانب الآخر لم تكن لدى المفكرين الصينيين أفكار فلسفية تسيطر على أذهانهم، كما أن الدين لم يكن له وجود في الصين، وبناءً على ذلك اعتبر الصينيون أن مجالات العلوم منفصلة عن بعضها وينتج كل منها تفسيراً جزئياً، وغير مباشر في بعض الأحيان، لأنماط الظواهر الطبيعية والعلاقات فيما بينها التي اعتقد العلماء الصينيون أنها معقدة إلى درجة استحالة فهمها بشكل كامل.

اعتبر الصينيون علم الفلك من العلوم بالغة الأهمية نظراً لاعتقادهم أن علاقة الإمبراطور مع النظام الكوني لابد أن تكون متناغمة من خلال الكائنات الفاضلة والأداء الصحيح للطقوس الدينية. حتم هذا المفهوم وجود تقويم موثوق محكم وقد بدأ التقويم الصيني الحالي في القرن الرابع عشر قبل الميلاد بعد فترة من التطوير يحتمل أنه بدأ حوالي عام 2950 ق.م.

استند التقويم الصيني إلى حساب الأيام والأشهر والسنوات في دورات ستينية، فالسنة تتكون من 12 شهراً بطول 29 أو 30 يوماً، ويبدأ كل شهر مع طلوع القمر الجديد ويضاف شهر واحد إلى الأشهر الاثني عشر كل سنتين أو ثلاث سنوات لتتوافق السنة القمرية مع السنة الشمسية. واحتوى التقويم الصيني تواريخ التنبؤات بالظواهر الفلكية من مثل خسوف القمر ومواقع الكواكب بالإضافة إلى تحديد مواقيت الاعتدالين والانقلاب الشمسي والمواسم الزراعية. أما الظواهر غير الدورية، والتي لا يمكن التنبؤ بحدوثها، فقد اعتبرها الصينيون نُذر شُؤم.

أبقى الفلكيون الصينيون سجلات تفصيلية للخسوف والكسوف وظهور المستعرات والمذنبات والبقع الشمسية، وسجلوا مواقع النجوم في قائمة خاصة منذ القرن الرابع قبل الميلاد، وما يزال هناك سجل لهذه المواقع وبشكل مستمر منذ حوالي عام 70 ق.م. ورغم عدم وصول جميع السجلات الصينية إلينا إلا أن سجلاً للخرائط السماوية – موقع الشمس والقمر والكواكب – وجدولاً لحركة الأجرام السماوية يغطيان الفترة من عام 244 ق.م. وحتى عام 177 ق.م. بقيا حتى اليوم.

علم الفلك مجال من مجالات علم الرياضيات، وأقدم كتاب صيني في الرياضيات معروف لدينا كتاب بعنوان زهوبي سوانجنغ (قوانين الحسابات المزولية لسلالة زهاو) الذي ألف ما بين عامي 400 ق.م. و200 ق.م. لكن الكتاب مبني على مؤلفات سبقت هذا الزمن بكثير، بيد أن هذه المؤلفات فقدت. ويُعالج الكتاب في المقام الأول الحسابات الفلكية، لكنه يحتوي أيضاً دروساً في الحساب والهندسة الأقليدية بما في ذلك

انظر أيضا الطب القديم 1: 30-31؛ التقاويم 1: 42-43



▲ استعان الفلكيون بطول ظل قصب البامبو لتحديد الوقت وكذلك تحديد وقت حدوث الانقلاب الشمسي (الصيف والشتاء).

نص قانون فيثاغورث، استخدم العلماء الصينيون نظرية فيثاغورث لاستنباط الجذر التربيعي للأعداد وحل العلاقات من الدرجة الثانية.

لاحظ علماء الرياضيات الصينيون أيضاً العلاقة بين طبقة الصوت والظاهرة الطبيعية التي تصدره، وأدت هذه المعرفة إلى استنباط التوافقيات الصينية – التي استخدموها لضبط إيقاع الأصوات الصادرة عن نقر حواف الصخور والأجراس في الحفلات الدينية – ومن بعد ذلك تطوير الأداء الموسيقي في بلاط العظماء. واكتشف علماء الآثار عام 1978 مجموعة من 65 جرساً برونزياً مطعمة بالنقوش الذهبية في قبر يعود تاريخه إلى القرن الخامس قبل الميلاد. واعتمادا على موقع النقر يصدر كل جرس نغمتين مختلفتين، وتغطي الأجراس بمجموعها خمس ثمانيات (الثمانية نغمة موسيقية تتكون من ثمانية ترددات).

يعتمد الطب الصيني على التوازن بين المبدأين الكونيين الين واليانغ، وبحسب ما ينقل كانت بدايات الطب الصيني خلال عهد فو هسي في حوالي عام 2953 ق.م. وتستند غالبية أدبيات الطب الصيني على كتاب ناي تشينغ الذي يُعزى تقليدياً إلى الإمبراطور الأسطوري الصيني هيونغ تي (حوالي 2698-2598ق.م.) المعروف بالإمبراطور الأصفر، لكن الاحتمال الأكبر أن هذا المؤلف وضع خلال القرن الثالث قبل الميلاد. اعتمد الأطباء الصينيون على إعطاء مواد عشبية وحيوانية ومعدنية للعلاج. وبالإضافة إلى هذه الأدوية استخدم الأطباء التدليك (المساج) والتمارين الرياضية وتمارين التنفس وتعديل النظام الغذائي، ومثل العلاج بالوخز بالإبر والحجامة (وضع كؤوس ساخنة على الجلد بشكل مقلوب ومن ثم إحداث جرح لمص الدم «الفاسد») فرعاً ثانوياً في المعالجة الطبية. وغطت دراسات المواد العلاجية الآلاف من المكونات فوفرت للشعب الصيني معلومات معمقة في التاريخ الطبيعي.

النشابة

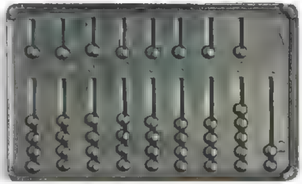
استخدمت النشابة في الصين خلال القرن السادس قبل الميلاد وأصبحت من الأسلحة المهمة في فترة الحروب بين الدول - المدن الصينية (400-206 ق.م.) وما بعد ذلك، ويشير تاريخ فترة الحروب أن جيش الإمبراطور الثاني لإمبراطورية كون ضم 50,000 رامٍ للنشابيات عام 209 ق.م.

تتكون النشابة من سهم قصير مثبت بزاوية قائمة عبر لوح دعم خشبي يضعه الرامي على كتفه. وفي حين اعتمدت أنواع الأقواس الأخرى على القوة البدنية للرامي، حوت النشابة نظامَ زنادٍ ميكانيكي يمكنه إطلاق سهام متتابعة دون إعياء الرامي. ونظراً لأن قوة شد خيط النشابة أكبر بكثير من قوة شد أوتار الأقواس التقليدية يمكن قذف النصال القصيرة مسافات أبعد وبقوة دفع أكبر تمكنها من اختراق المصفحات بسهولة أكبر، كما أن الزناد الزنبركي وفر للرامي مجالاً أكبر للتسديد الدقيق على المسافات الشاسعة، لكن الوقت اللازم لتحميل النشابة بالسهام وإعادة تعبئتها أطول من الوقت اللازم لعمل الأقواس التقليدية، مما يجعل الرامي هدفاً سهلاً لفرسان الجيش المقابل، ولمعالجة المشكلة أحاط قادة العسكر الصينيون رماة النشابات برماة أقواسٍ تقليدية، وبذلك وفروا لهم التغطية اللازمة عند إعادة تعبئة سلاحهم.



▲ يتكون نظام قدح النشابات من ستة أجزاء برونزية، ويرجع تاريخ هذا التصميم إلى القرن السادس قبل الميلاد، ويشبه النظام آلية القدح في البنادق الحديثة، أما السهام القصيرة فكانت تصنع في الغالب من الحديد بينما يصنع الرأس المدبب من البرونز وكانت أبعادها مطابقة لأبعاد الشق في لوح النشابة.

THE ABACUS AND COUNTING المِعداد والعد



▲ نسخة من لوح عد يدوي روماني، أو مِعداد بدائي. وفي هذا النوع من ألواح العد يتم العد بواسطة انزلاق الحرز خلال شقوق، بدلاً من انزلاقها على سلك، كما هو الأمر مع المِعداد الصيني سوان بان.

توفر الطبيعة لنا وسيلة للعد تتمثل في أصابع الأيدي والأقدام، لكننا ومع تعقد الحياة نحتاج أساليب أكثر تطوراً من ذلك، من بينها المِعداد. ومازال المِعداد مستخدماً في بعض البلاد في وقتنا الحالي.

مع ازدياد تعقيد المجتمع ونمو اقتصاده احتاج التجار إلى حفظ سجلات التعاملات التجارية بدقة أكبر، كما أن المسئولين على مختلف المستويات احتاجوا حفظ سجلات أغراض متعددة من بينها العقارات وملاكها وعدد دافعي الضرائب ومبالغ الضرائب المستحصلة والحصاد (الإنتاج الزراعي) والغذاء والمواد الأخرى في المخازن وعدد الجيوش، ولما كان حتمياً أن تكتب هذه السجلات استنبطت وسائل لتمثيل الأعداد.

لعل أسهل أساليب العد حفر مجموعة من الشقوق على حافة عصا أو وضع علامات بالخدش على الصخور أو عظام الحيوانات، لكن هذه الطريقة ليست عملية لكتابة الأرقام الكبيرة. كان المصريون أول من استخدم الأعداد في حوالي عام 3400 ق.م. وتكون النظام المصري من علامة أفقية للترميز للرقم 1 ورموز أخرى لرفع العدد إلى الأس 10 (10، 100، 1,000، 10,000 وهكذا) والتي يمكن كتابتها على ورق البردي. وفي حوالي الفترة نفسها استخدم **السومريون**، الذين كانوا يكتبون على ألواح من الطين الرطب بواسطة أقلام مدببة، استخدموا أشكالاً على هيئة رؤوس الرماح متجهة إلى الأعلى أو الأسفل أو اليمين أو اليسار للتعبير عن الأعداد، وفي حوالي عام 2400 ق.م. تطور نظام الكتابة السومري إلى الكتابة المسمارية. كما أن الكريتيين (من جزيرة كريت اليونانية) بدؤوا في حوالي عام 1200 ق. م. استخدام الأعداد بتمثيل الرقم 1 بخط عمودي والرقم 10 بخط أفقي.

تشترك أنظمة العد آنفة الذكر على اعتمادها على المجموعات في التعبير عن الأرقام التي تزيد عن 1 أو 10، فإذا كان الرمز | يعني العدد 1، يكون رمز الأعداد 2، 3، 4 على التوالي ||، |||، ||||. والبدائل لهذا الأسلوب هو تخصيص رمز محدد لكل عدد إلى حد معين. وعلى هذا المنوال وضع **الصينيون** نظاماً عددياً في القرن الرابع قبل الميلاد خصصوا فيه رموزاً مختلفة للأعداد من 1 إلى 9 وكذلك للأعداد 10 و100 و1,000.

تستند الكثير من الحضارات، بما فيها حضارتنا المعاصرة، إلى نظام عددي يتخذ من الرقم 10 أساساً له. يبدو الخيار منطقياً لامتلاكنا عشرة أصابع، لكنه ليس الخيار الوحيد، فشعوب بابوا في غينيا الجديدة وكذلك الشعوب الأسترالية الأصلية يعدون بحسب التالي: «واحد، اثنان، واحد واثنان، اثنان واثنان، اثنان وإثنان وواحد، وهكذا، هذا النظام بالطبع هو النظام الثنائي ذو الأساس 2. كما أن شعوباً أخرى تتخذ الرقم 3 أو 4 أو 5 أساساً لنظام العد عندها، أما المايا فيتخذون من العدد 20 أساساً لنظامهم علاوة على بعض الشعوب التي تتخذ العدد 12. وحتى وقت قريب استخدم البريطانيون العدد 12 أساساً للنقد (12 بنسا يعادل شلنا واحدا). وفي أمريكا الشمالية مازال هذا النظام سائداً في مجال القياسات الطولية (12 بوصة تساوى قدماً واحدا). بالإضافة إلى ذلك يُستخدم الأساس 12 لحساب الكميات بالدزينة أو الغروس (اثنتا عشرة دزينة، 12X12). من جانبهم اتخذ **البابليون** العدد 60 أساساً لنظامهم، ومنهم استقينا مفاهيم أن الدقيقة تتكون من 60 ثانية والساعة تتكون من 60 دقيقة وكذلك قياس أجزاء درجة الزاويا.

استخدم نظام العد الإغريقي خطاً عمودياً (|) للتعبير عن العدد 1 والحرف الأول من كلمة الأعداد: خمسة في اللغة الإغريقية (Γ، جاما)، 10 (Δ، دلتا) والعدد 100 (H، إيتا) والعدد 1,000 (X، تساي) و10,000 (M، ميو). كان أول ظهور لهذا النظام في منطقة أتيكا عام 600 ق.م.، ولذلك يُعرف بنظام أتيكا. لكن نظام العد الروماني كان أسهل في الاستخدام، إذ إن الطلبة كانوا بحاجة إلى حفظ الرموز I (1)، V (5)، X (10)، L (50)، C (100)، D (500) و M (1,000)، وكانت الرموز I، V، L، X كافية للتعامل مع غالبية الأغراض الحياتية.

مصدر الأرقام الهندية – العربية التي نستخدمها اليوم الهند ويحتمل ظهورها أول مرة خلال القرن الرابع قبل الميلاد. يصف الأسقف سفيروس سبيخت من بلاد الرافدين الأرقام الهندية في مخطوط يرجع إلى عام 662، واستخدم العرب الأرقام الهندية في القرن الثامن الميلادي وظهرت في مخطوطة أوروبية في إسبانيا تعود إلى عام 976.

تناسب جميع نظم الأعداد عمليات تسجيل الكميات والتواريخ وعمليتي الجمع والطرح. لكن عمليات الضرب والقسمة وكتابة وقراءة الأعداد الكبيرة عمليات تتميز بصعوبة أكبر، وعلى الجانب الآخر تصبح العمليات الرياضية أسهل إذا اتخذنا نظاماً للعد تتحدد فيه قيمة العدد بموضعه. ففي نظامنا المعاصر، على سبيل المثال، نكتب الأعداد ذات القيم الأدنى إلى اليمين من الأعداد ذات القيم الأكبر، فكتابة الرمز 369 يعني 9 + (6x10) + (3x100)، وذلك بسبب موضع هذه الأعداد بالنسبة لبعضها.

هناك عدد من الوثائق تشير إلى ظهور مبكر لنظام العد المعتمد على موضع الرمز، لكن تواريخ هذه الوثائق غير مؤكدة. ويرجع التاريخ المعتمد لأقدم وثيقة مكتشفة لهذا النظام، ويضم أيضاً رمز العدد صفر، إلى عام 876 في منطقة غوالور التي تبعد حوالي 250 ميلاً (402 كم) جنوبي مدينة دلهي الهندية.



تواريخ مفصلية

- **3400** ق.م. أول استخدام للأعداد في مصر.
- **3400** ق.م. أول ظهور للأعداد السومرية.
- **1200** ق.م. أول استخدام للأعداد الكريتية.
- **القرن الرابع** قبل الميلاد ظهور العد بحسب المجموعات في الصين.
- **300** ق.م. اختراع لوح العد البابلي في مدينة سالاموس.
- **662** سفيروس سبيخت يصف نظام الأعداد الهندي.
- **876** أول أثر موثوق لنظام الأعداد ذي القيم الموضعية مع اختراع الصفر في غوالور بالهند.
- **976** أول سجل لظهور نظام الأعداد الهندية–العربية في أوروبا.



◄ تمثل هذه النقوش البارزة شخصيات من مدرسة الرياضيات في روما القديمة.



▼ «عد الإوز». لوحة جدارية مصرية تعود إلى حوالي عام 1350 ق.م. تبين ناسخاً (أسفل اليمين) يفحص الأعداد المكتوبة على لفيفة من ورق البردي، ويبدو لوح الكتابة موضوعاً تحت إبطه.

وعلى الرغم من عدم وجود نظام لكتابة الأعداد يعتمد القيمة الموضعية للرمز أجرى علماء الرياضيات الأقدمون عمليات حسابية مطولة ومعقدة مستخدمين لوح العد، يعتقد أن البابليين اخترعوه ويتكون من لوح يُرش عليه التراب كوسيط للكتابة؛ ونظراً لأن مفردة الغبار في اللغات السامية هي أبق أطلق الإغريق على اللوح مُسمى أباكس، نُسمي اللوح اليوم (في اللغات اللاتينية) أباكاس (ونعرب المفردة بالمعداد). استكشف معداد بابلي في جزيرة سالاموس يعود تاريخه إلى حوالي عام 300 ق.م. كما أن الصينيين، وبشكل مستقل، اخترعوا لوح العد خلال القرن الرابع قبل الميلاد، وطوروا الاختراع إلى معداد يضم سلكاً به خرز بحلول عام 1500 ميلادي، هذا على الرغم أن وصفاً دقيقاً لمعداد بدائي جاء في مؤلف كتب عام 190 ميلادي، وفي حوالي عام 1600 ميلادي وصلت فكرة المِعداد الصيني إلى اليابان.

يتضمن لوح العد، المعداد، خطين مستقيمين متوازيين يضع المستخدم عليهما أحجاراً أو صكوكاً من نوع ما، وعبر العصور استبدل التراب على سطح اللوح بلوح مغطى بالشمع وأخيراً بلوح يحتوي عدداً من الشقوق. وفي المِعداد الحديث يصف الخرز على سلك أو على قطعة معدنية أسطوانية وتمثل الخطوط أو الشقوق أو القضبان قيماً عشرية للأعداد (العشرات، المئات، الآلاف) أو وحدات النقد أو وحدات القياس.



المِعداد

سوان بان هو الاسم الماندريني للمِعداد ويعني «لوح العد»، من أقدم أنواع المعاديد تلك التي تستخدم الأسلاك والخرز ويعتقد أنها ابتكرت في الصين خلال القرن السادس عشر، كما أنها لازالت تستخدم حتى اليوم، ويمكن استخدام المِعداد من هذا النوع لإجراء عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة بالإضافة إلى بعض الحسابات المعقدة من مثل الكسور وإيجاد الجذر التربيعي. يتألف المِعداد من تسع قضبان داخل إطار مستطيل مقسم إلى جزءين غير متساويين، يمر عبر كل قضيب خمس خرزات في الجزء السفلي وخرزتان في الجزء العلوي، باتخاذ أي عمود كخط مرجعي (وحدة الحساب) تمثل القضبان إلى يساره، وعلى التوالي، العشرات فالمئات فالآلاف، وهكذا. تمثل الخرزات في الجزء السفلي الأعداد من صفر إلى العدد 4. وللحصول على الأعداد الخمسة الأخرى يستعان بالخرزات في الجزء العلوي، على سبيل المثال، يعبر عن العدد 8 بثلاث خرزات من الأسفل وخرزة واحدة من الجزء العلوي (1+1+1+5).

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

534 يتبنى علماء الرياضيات اليابانيون النظام الرياضي الصيني.

540 يُؤلف يوتوسيوس العسقلاني (حوالي 480 - حوالي 540) كتاب تعليقات على أعمال عالم الرياضيات الإغريقي **ابولونيوس البرجاوي** (حوالي 262 ق.م. - 190 ق.م.) وكذلك أعمال **ارخميدس** (حوالي 287 ق.م.212- ق.م.). ويمثل المؤلف أفضل مصدر لهذه الأعمال للباحثين من بعده.

610 يضع علماء الرياضيات الهنود نظاماً للأعداد أساسه العدد 10.

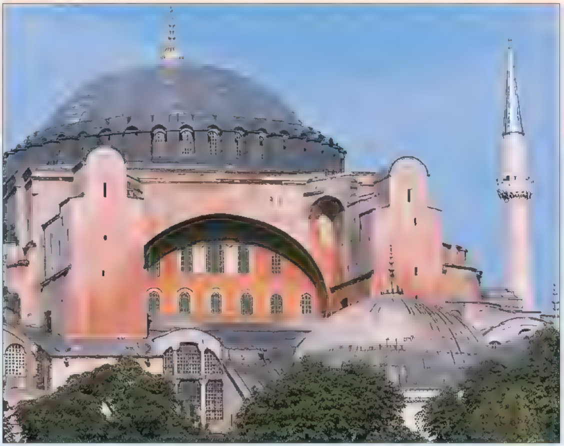
622 بداية التقويم الهجري عند المسلمين مخلدين ذكرى هجرة النبي محمد (صلى الله عليه وسلم) من مكة المكرمة إلى المدينة المنورة، على سبيل المثال، تقع غالبية أيام العام 2006 ميلادي في عام 1426 هجري.

628 يضع الفلكي الهندي **براهماقبتا** (598 - حوالي 660) كتاب *براهماقبتا سدهانتا* يعالج فيه موضوعات في علم الفلك إلى جانب الرياضيات بما في ذلك علم الجبر وحساب المثلثات.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

542-3 يقتل وباء الطاعون الدبلي (ورم الغدد اللمفاوية) ربع سكان بلدان شرق البحر الأبيض المتوسط.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION



شيدت آيا صوفيا في إسطنبول عام 532 في الأساس ككنيسة مسيحية، آيا صوفيا اليوم متحف.

532 بناءً على أوامر الإمبراطور جستنيان الأول (463-565) يضع المعماري البيزنطي أسودورس الملوتوسي تصميم كنيسة آيا صوفيا في مدينة بيزنطة (إسطنبول حالياً)، وتحول الكنيسة إلى مسجد فيما بعد، ويبلغ قطر قبة الكنيسة 102 قدم (37 م)، ويؤدي زلزال عام 558 إلى سقوط القبة التي يُعاد بناؤها عام 563.

535 يصنع المهندسون **الصينيون** آلة لنخل الدقيق، يستخدم المنخل الآلي ذراعاً لتحويل الحركة الدائرية إلى حركة مستقيمة جيئة وذهاباً وهي الحركة اللازمة لعملية النخل.

537 يُشيد المهندس الروماني بيليساريوس (حوالي 505-565) مطحنةً عائمة.

550 يصف كتاب *مدرسة السيد الذهبية* لأحد أباطرة أسرة ليانغ عربةً كبيرة ذات أشرعة تُدار بقوة الريح.

577 تخترع نساء **الصين** نوعاً من أعواد الثقاب تستخدم لإشعال نيران الطبخ.

605 يستخدم المزارعون في بلاد فارس (إيران حالياً) مطاحن هوائية ذات أشرعة أفقية لطحن الحبوب.

610 يُشيد المهندس **الصيني** لي تشون جزءاً من قوس جسر الحجر العظيم على نهر تشيو تشو، ومازال القوس قائماً.

615 يستخدم اليابانيون النفط (الذي يطلقون عليه مسمى «الماء الحارق») وقوداً.

618 طباعة الصحف في الصين، وتحتوي كليشة الطبع إطاراً خشبياً لصفحة كاملة في بعض الأحيان، لكن الدليل الأقوى على بدء طباعة الصحف يشير إلى عام 748 وذلك في مدينة بكين.

674 يخترع المعماري والكيميائي الإغريقي السوري المولد **كالينيكوس** (ولد حوالي عام 620) النار الإغريقية المتكونة من مزيج يحتوي الكبريت والراتنج والقار والملح الصخري. تشتعل المادة حتى عند طفوها على سطح الماء وتُستخدم بتأثير تدميري هائل ضد الأسطول الإسلامي العربي في بيزنطة (إسطنبول حالياً)، وتبقى النار الإغريقية - أو الخوف منها - مسيطرة على الحروب البحرية لعدة قرون.

680 يُشيد المزارعون في هولندا سواتر ترابية لحماية حقولهم المنخفضة من الارتفاع التدريجي لمستوى مياه البحر، تؤدي هذه الممارسة في نهاية المطاف إلى برنامج استصلاح الأراضي الذي ميز الأمة الهولندية.

685 بدء العمل في قبة الصخرة في مدينة القدس، يبلغ ارتفاع القبة 525 قدماً (160 م) وشُيدت من الخشب والبرونز ثم طُليت بالذهب بأكملها، تقع القبة في منطقة يقدسها المسلمون واليهود، وانتهى بناؤها عام 691.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

635 يسجل الصينيون ظاهرة اتجاه ذيل المذنب بعيداً عن الشمس دائما.

680 ظهور الرمز 0 تعبيراً عن العدد صفر في الحسابات الرياضية في كمبوديا (الصين) وسومطره (إندونيسيا)، لكن استعمال الرمز لا يعني العدد صفر دائماً فقد يشير أيضا إلى موضع عددي فارغ.

685 نشر كتاب *الكوزموغرافيا الرافينية* في إيطاليا ويحوي فهرسة لجميع البلدان والأنهار والمدن المعروفة في الإمبراطورية الرومانية.

750 انتشار معارف مدرسة الإسكندرية في أوروبا نتيجة استيطان العرب إسبانيا.

760 انتشار الأرقام العربية، ذات المصدر الهندي، حتى مناطق بغداد في الشرق الأوسط.

774 بداية ترجمة علماء الرياضيات العرب للأعمال الهندية إلى اللغة العربية.

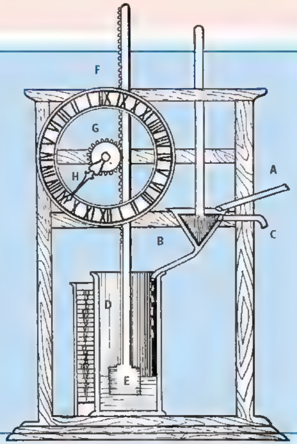
العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

640 يُؤلف الجراح بول الأجيني (اشتهر خلال 640)، الطبيب الممارس في الإسكندرية، كتاب *الكتب السبعة في الطب*.

752 يضع الطبيب الصيني وانغ تاو كتاب *السر الأكثر أهمية* يصف فيه عدداً من الأمراض وعلاجها بما في ذلك مرض السكر والجوتر (تضخم الغدة الدرقية – النكاف).

حوالي **770** يستحدث العالم العربي أبو موسى جابر بن حيان (حوالي 721–815)، والذي يعرفه اللاتينيون بلقب الجبر أيضا، طريقة إعداد كلوريد الأمونيا، والرصاص الأبيض وحمض الأسيتيك.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION



ابتكرت الساعات الميكانيكية المائية في الصين واليونان. المثال المبين يوضح عمل نوع معين يُعرف بالمزولة الشمسية يعمل بآلية الطفو. يسري الماء من خزان عبر أنبوب (A) إلى القمع (B)، ويحافظ أنبوب تصريف (C) على مستوى ثابت للماء في القمع، وبالتالي يكون معدل سريان الماء عبر القمع ثابتاً، وينساب الماء من القمع إلى الخزان (D) عل شكل قطرات، وبذلك يرتفع الجسم الطافي (E) ببطء إلى الأعلى. يتصل الجسم الطافي بحامل مسنن يرتفع أيضا مؤديا إلى دوران دولاب مسنن (G)، ويشير العقرب (H) بالدولاب المسنن إلى الوقت المبين على قرص مدرج. في النسخة الرومانية لمزولة مائية يونانية قديمة المبينة في الرسم التوضيحي كتبت ساعات اليوم الـ 24 بالأعداد الرومانية. يشير موضع العقرب في الصورة إلى الساعة التاسعة.

688 تتطور تكنولوجيا صناعة الحديد في الصين إلى مستوى تأمر فيه الإمبراطورة ووه تسي بتشييد باغورة (هيكل صيني أو ياباني متعدد الأدوار) من حديد الزهر بارتفاع 295 قدماً (95 م).

700 يتبنى الفرسان الأوروبيون استخدام الرِكاب لامتطاء الجياد.

700 يستخدم الحدادون في إسبانيا الأفران العالية لصهر الحديد، يستخدم المنفاخ (الكير) لتوفير لفحات الهواء لرفع درجة حرارة الفرن.

720 يُشيد شعب المايا في مدينة تيكال (غواتيمالا) هرماً ضخماًهو الهرم رقم 4 ويعتبر من أطول أهرامات الميزو أمريكا (أمريكا الوسطى).

720 تحتوي مخطوطات التعويذات البوذية صوراً مطبوعة على ألواح خشبية.

725 يصنع المهندس الصيني ليانغ لنغ – زان والراهب يي – زنغ ساعة مائية تحتوي على لية مناسبة للشاكوش (أداة تساعد على الحركة في اتجاه واحد بنسب متساوية)، ويتمثل الغرض الرئيس للاختراع في عرض الظواهر الفلكية (مثل أطوار القمر) وليس الوقت.

750 يصب الصناع في إيطاليا أجراساً كبيرة للكنائس مصنوعة من البرونز.

750 بلوغ التبادل التجاري الذروة على امتداد «طريق الحرير» (الطريق الذي يربط الصين بعدد من الدول في وسط آسيا)، تمثل العاصمة الصينية تشنغان (زيان) في هذه الفترة أغنى مدينة في العالم يقطنها حوالي مليونا نسمة (يبلغ عدد الأجانب 5,000 نسمة).

طورت كليشة الطباعة الخشبية في الصين عام 720. الكليشة الخشبية الصينية المبينة تعود إلى عام 947 وتظهر الملك الحامي للشمال فيشرافانا على يدي إلهة الأرض.



الطاقة المائية

WATER POWER

مثلت القوة العضلية للإنسان أو الحيوانات طاقة إدارة جميع الآلات القديمة. السفن الشراعية استغلت طاقة الرياح، وكذلك الطواحين الهوائية لاحقا، لكن المياه وفرت مصدراً رئيساً جديداً لإدارة الأنظمة الميكانيكية، فالدواليب المائية التي طوعت طاقة المياه يعود تاريخها إلى حوالي عام 80 ق.م.



▲ شيّد الرومان مطحنة دقيق محكمة على تلال باربيغال قرب أريي في الجنوب الشرقي لفرنسا. وصممت المطحنة مجموعتين من ثمان دواليب ذات الدفع العلوي يصلها الماء عبر قناة مائية.

تواريخ مفصلية

80 ق.م.	استخدام الدواليب ذات الدفع السفلي (نواعير) لأول مرة في شرق البحر الأبيض المتوسط.
8	استخدام الدواليب الأفقية في الصين.
300	تشييد الرومان للدواليب المائية ذات الدفع العلوي.
725	استخدام الدواليب المائية لإدارة الساعات في الصين.

يتكون الدولاب المائي من عجلة مثبت بها عدد من الشفرات أو الدواسات تؤدي إلى إدارة العجلة عند مرور المياه عليها، ويقوم محور متصل بمركز العجلة بإدارة نوع من الآلية الميكانيكية نتيجة دوران العجلة والمحور معها. في بدايات استخدام الدولاب المائي تمثلت الآلة الميكانيكية في زوج من الرحى لطحن الحبوب، ولهذا السبب يشير الناس في العادة إلى الدولاب بالمطحنة.

من أبسط أنواع الدواليب المائية الدولاب الأفقي والذي يطلق عليه أحياناً مُسمى المطحنة الإغريقية أو مطحنة نورس. تحتوي مطحنة نورس على محور يمكن وصله برحى الطحن مباشرة، كما يمكنها إدارة سلسلة من الأواني مؤدية عمل مضخة لرفع المياه. وتثبت العجلة في مجرى تيار مائي قوي أو يمكن كطريقة بديلة تصويب قناة مائية على شفرات العجلة. نُصبت في الماضي بعض الدواليب الأفقية عند قناطر جسور الأنهار أو حتى على طوافات مرتكزة في وسط التيارات المائية.

يمكن أيضاً نصب الدواليب المائية عمودياً لتدير محوراً موضوعاً بشكل أفقي. هناك عددٌ من التصاميم لهذا النوع من الدواليب المائية، ففي تصميم الدفع السفلي تُغمر الدواسات (أو الشفرات) في مسار التيار، وباصطدام التيار بها تدور العجلة باتجاه سريان التيار نفسه، ولابد من توفر نظام للتروس في جميع تصاميم الدفع السفلي لإدارة المحور الموضوع أفقياً والذي يدير بدوره رحى الطحن (يوضع رحى الطحن أفقياً نظراً لوزنه الكبير). صمم المهندسون في البداية نظام التروس على شكل أوتاد خشبية مثبتة على محيط قرص خشبي. ونظراً لأن كفاءة عمل الدولاب المائي ذي الدفع السفلي تعتمد على إبقاء معدل جريان الماء ثابتاً قدر الإمكان لجأ المهندسون إلى تشييد سدود وخزانات مائية لضمان ثبات معدل الدفق، ويُوجه الماء عبر مضمار مائي (قناة) ليسقط على سطوح الشفرات. وفي تصميم معدل لنظام الدفع السفلي يُنصب الدولاب بحيث يصطدم تيار الماء بالشفرات في منتصف العجلة – دولاب الدفع الصدري أو النصفي. وبهذه الطريقة يُضاف وزن العجلة نفسها إلى قوة دفع الماء لإدارة الدولاب، ويرجع أول وصف تفصيلي للدولاب المائي ذي الدفع السفلي إلى المعماري الروماني ماركوس فيتروفيوس بوليو (ولد عام 70 ق.م.) في عام 20 ق.م.، ولذلك يُعرف الدولاب هذا أيضا باسم فيتروفيوس.

يصل الماء إلى الشفرات العلوية للدولاب ذي الدفع العلوي عبر قناة (تسمى الغسالة)، وتوضع الدواسات (أو الشفرات) بزاوية بحيث يشكل التيار الساقط «دِلاءً» من الماء على العجلة، وبذلك يؤدي ثقل الماء الساقط إلى دوران العجلة باتجاه معاكس لاتجاه سرعة التيار. ويمكن أيضاً وضع الدواسات بزاوية في الاتجاه الآخر لتدور العجلة في اتجاه حركة التيار، ويُسمى الدولاب في هذا التصميم دولاب الدفع الخلفي. تزيد كفاءة التصميم ذي الدفع العلوي كثيراً عن كفاءة ذي الدفع السفلي – ينتج الدولاب ذو الدفع العلوي حوالي 3 أحصنةٍ ميكانيكية من القدرة إذا كان قطر العجلة 6 أقدام (2 م)، بينما ينتج الدولاب ذو الدفع السفلي المماثل حوالي 0.5 حصانٍ ميكانيكي فقط. في عام 300 ميلادية شيد الرومان مطحنة دقيق في مدينة باربيغال جنوبي فرنسا بنظام الدفع العلوي تحتوي 16 عجلة منتجة قدرة تزيد عن 30 حصاناً ميكانيكياً وتقوم بطحن أكثر من 27 طناً (25 طنا متريا) من الحبوب يوميا.

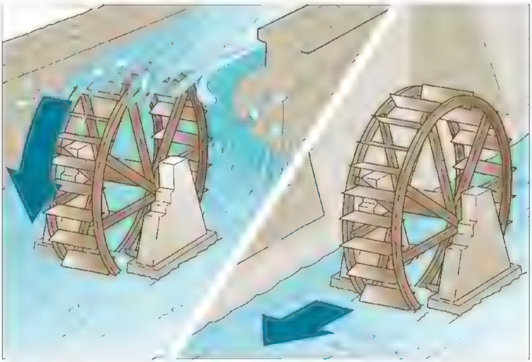
مقارنة بالدولاب ذي الدفع السفلي، يتميز التصميم ذو الدفع العلوي بالحاجة إلى مياه أقل لإنتاج القدرة نفسها.



انظر أيضا طاقة الرياح 3: 8-9؛ التوربين المائي 6: 12-13

كما لا يحتاج إلى نصبه عند المواقع التي يكون فيها معدل تدفق الماء عاليا. ورغم ارتفاع الكلفة الرأسمالية لنصب الدولاب ذي الدفع العلوي، إلا أن مردوده أكبر من التصميم الآخر على جميع المستويات الأخرى. ولهذا السبب استمر الناس في تفضيله لأكثر من ألف سنة - انتشرت في إنجلترا وحدها حوالي 6,000 مطحنة بنهاية القرن الحادي عشر. وعلاوة على توفير الدواليب المائية الطاقة لإدارة المطاحن استخدمت أيضاً لإدارة المناشير التي تقطع الصخور والمباني ولقطع جذور الأشجار إلى ألواح خشبية وفي رفع المياه لأغراض الري، كما أن الصينيين استخدموا الدولاب المائي لتوفير الطاقة لساعة مائية عام 725.

شُيدت دواليب مائية كبيرة جداً تسمى *النواعير* على أنهار بلدان الشرق الأوسط بهدف جلب المياه إلى الأراضي الزراعية القريبة، وبلغ قطر بعض النواعير 40 قدماً (12 م). واستمر الدولاب المائي المصدر الرئيس لتوفير الطاقة حتى اختراع الآلة البخارية في بداية الثورة الصناعية.



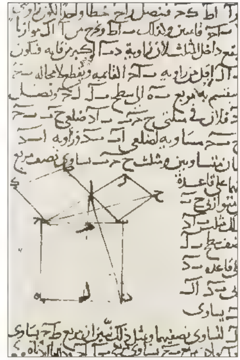
▲ الصورة العلوية يساراً: دولاب ذو دفع علوي يُدار بواسطة تيار الماء الساقط من الأعلى، يؤدي وزن الماء الساقط على الدواسات إلى دوران العجلة. وفي التصميم ذي الدفع السفلي (أعلى اليمين) يُنصب الدولاب في مجرى تيار الماء مباشرة ويعتمد على مصدر ويعتمد عمله على ثبات معدل الدفق لدورانه.



▶ بقيت الدواليب الكبيرة متعددة الشفرات، *النواعير*، دون تغيير عبر القرون. الصورة لناعورتين مشيدتين على نهر العاصي في سوريا، يمكن تخيل حجم الناعورة بمقارنتها بحجم الرجل الواقف في منتصف الناعورة إلى اليسار.

ARABIAN SCIENCE

العلوم العربية



ازدهرت العلوم العربية في بغداد تحت الخلافة العباسية بداية من عام 750 ميلادي. وقد بدأ العلماء الأوائل بتجميع أكبر كم من المعارف العلمية في العالم بترجمة الكتب الإغريقية والهندية، ومن ثم الإسهام باكتشافات غاية في الأهمية.

هاجر النبي محمد (صلى الله عليه وسلم) من مكة المكرمة إلى المدينة المنورة عام 622، وفي عام 630 عاد إلى مكة منصوراً على رأس جيش. ومضى التابعون له بنشر تعاليمه خلال إمبراطورية امتدت في أوجها من وسط آسيا إلى إسبانيا. لم يُدمر المسلمون حضارات الدول التي فتحوها، بل استوعبوا الكثير منها حتى اقترن شروق الإسلام بازدهار المعرفة.

كانت دمشق أول عاصمة للخلفاء الأمويين، لكن عام 750 شهد الإطاحة بهم وانتقال العاصمة إلى بغداد تحت الخلافة العباسية، ويعتبر الخليفة العباسي السابع عبدالله المأمون (786–833) أحد أعظم الخلفاء العباسيين. ففي حوالي عام 820 أمر المأمون بإنشاء مرصد فلكي ومكتبة تابعين لمعهد يُسمى بيت الحكمة، وقد عكف فلكيو بيت الحكمة على حساب زاوية ميل مستوى الدائرة الظاهرية لمسار الشمس – الزاوية بين محور دوران الأرض حول نفسها ومستوى مدارها حول الشمس – توصلوا إلى تقدير يعادل 23.55°، والقيمة المعاصرة تساوي 23.45°، تتغير القيمة من 22.1° إلى 24.5° خلال دورة تبلغ 41,000 سنة. كما أن علماء الهندسة حسبوا محيط الأرض ونصف قطرها، 20,400 ميل (32,824 كم) و 6,500 ميل (10,459 كم) على التوالي، والقيمة الحقيقية لمحيط الأرض 24,875 ميلا (40,030 كم) و 3,959 ميلا (6,371 كم) لنصف قطرها.

من بين الاسماء اللامعة أبو موسى جابر ابن حيان (حوالي721–815)، الذي لقبه الأوروبيون جبر، كيميائي عربي وسع في مفهوم المادة عند الإغريق باعتبار عناصرها أربعة – الأرض والهواء والنار والماء، عاش ابن حيان خلال خلافة الخليفة العباسي هارون الرشيد (786–809). اعتقد ابن حيان أن عناصر الإغريق الأربعة تتحد مكونة مركبين هما الكبريت والزئبق، وأن اتحاد هذين المركبين يُنتج أي معدن بما في ذلك الذهب وذلك بمساعدة مادة سماها الإكسير، والتي اشتق الأوروبيون منها مفردة «*elixir*». كما وصف كلوريد الأمونيا (النشادر) وكيفية إعداد الرصاص الأبيض (مادة كيميائية كانت تستخدم أساسا في الأصباغ) وكذلك حمض النيتريك المخفف وكيفية الحصول على حمض الأسيتيك بتقطير الخل، وقد أجرى ابن حيان تجارب على البرنيق (الورنيش) والأصباغ وتنقية المعادن.

أصبح أبو بكر محمد بن زكريا الرازي (حوالي 865–923)، أو كما يعرفه الغرب رازيس، كبير الأطباء في المشفى الرئيس في بغداد ويُنقل أنه أول من ميز بين مرضي الحصبة والجدري. وبالإضافة إلى مهنته كطبيب كان الرازي كيميائيا. ومثلما كان جابر بن حيان أجرى الرازي تجاربه بدقة متناهية

▲ كانت اللغة العربية اللغة العلمية الأعم منذ حوالي القرن الثامن الميلادي، وفيما كانت بلدان أوروبا الغربية تغط فيما يُعرف بعصور الظلام، قام العلماء العرب بالحفاظ على كنوز المعارف الإغريقية الكلاسيكية وترجمتها وتطوير مفاهيمها، مثل نظرية فيثاغورث الموضحة في الشكل أعلاه

▼ جذب بيت الحكمة في بغداد العلماء من أصقاع العالم قاطبة، وقام المعلمون والطلبة على حدٍ سواء بترجمة المخطوطات الإغريقية مما حافظ عليها عبر الأزمان.



وترك سجلات تفصيلية مكتملة مكنت العلماء من بعده من تكرار هذه التجارب. أعد الرازي ما يُعرف اليوم بجبيرة باريس (جبيرة من كبرتيد الكالسيوم) وشرح فوائدها لتصنيع الجبائر لتصحيح العرج وإعادة العظام المكسورة إلى مكانها. ويعتقد أيضاً أنه أول من صنف المواد إلى حيوانية ونباتية وأملاح معدنية.

نُدين بالفضل في استحداث نظامنا العددي إلى عالم الرياضيات العربي أبو جعفر محمد ابن موسى الخوارزمي (حوالي 780 – حوالي 850). عكف على دراسة المصادر الهندية والإغريقية واستخدم النظام الهندي للأعداد، بما في ذلك الصفر، في أبحاثه التي ترجمت فيما بعد من العربية إلى اللاتينية. عاش الخوارزمي غالبية حياته في بغداد حيث اعتلى منصب رئيس مكتبة بيت الحكمة. في حوالي عام 830 وضع الخوارزمي كتاب *حساب الجبر والمقابلة* وهو مؤلف في الرياضيات كان له الأثر البعيد على تقدم العلوم، وخلال عملية الترجمة إلى اللاتينية تحولت مفردة الجبر (التي تعني في العربية التصحيح) إلى *الجبرا*، كما تحول اسم «الخوارزمي» من اسم لهذا العالم إلى مفردة «اللوغاريتم» أي «الخوارزميات».

وسع الخوارزمي وأضاف الكثير إلى أعمال عالم الرياضيات الإغريقي **ديوفانتوس** الإسكندري (حوالي 200–284)، ومن المؤكد أن الخوارزمي اطلع على هذه الأعمال بلغتها الإغريقية الأصلية، إذ لم تترجم إلى اللغة العربية إلا خمسة مجلدات (من 13 مجلداً) من كتاب *أريثماتيكا* (الحساب) في حوالي عام 870.

أبقى الفلكيون العرب على مفاهيم عالم الفلك الإغريقي **بطليموس** (حوالي 100 – حوالي 170) والتي شرحها تفصيلاً في كتابه *Megale Mathematike syntaxis* (التركيب الرياضي العظيم) الذي وضعه عام 150. ولشدة إعجاب اتباع بطليموس بكتابه عدلوا كلمة *Megale* (العظيم) إلى *Megiste* (الأعظم)، ولذلك عندما ترجم الفلكي والطبيب اليهودي سهل الطبري الكتاب إلى العربية أضاف الـ التعريف لعنوانه ليتحول العنوان اللاتيني تبعا لذلك إلى *Almagest* (الماجست أو الماجسطي – الأعظم) وليُعرف منذ ذلك الحين بهذا العنوان.

قبل غالبية الفلكيين المفاهيم البطليموسية، إلا أن أبوعبد الله محمد بن جابر **البتاني** (حوالي 850–929)، يُسميه اللاتينيون الباتيجينوس، لاحظ أن الشمس عندما تكون أصغر ما يمكن أن تكون – في الحضيض الشمسي عندما تكون على أبعد مسافة من الأرض – فإن موقعها في السماء يختلف عما نادى به بطليموس. استنتج البتاني من هذه الظاهرة أن الشمس تتحرك ببطء وحسب إلى درجة عالية من الدقة معدل حركتها (سرعتها). وبناءً على هذه النتائج تمكن البتاني من حساب طول السنة الشمسية بدقة أكبر – استمر واضعو التقاويم في الاستعانة بحساباته لقرون من بعده. كما حسب البتاني وقت حدوث الاعتدالين واقتربت حساباته إلى ساعة أو ساعتين من الوقت الصحيح، كما أنه أول من استخدم بكفاءة الهندسة الكروية في الحسابات الفلكية وكذلك مصطلح جيب الزاوية واستخدم جداول جيب الزوايا.

اعتمد تطور العلوم العربية بشكل كبير على جهود العلماء الذين قاموا بترجمة المعارف الإغريقية إلى اللغة العربية، ومن ضمن أبرز المترجمين الفيلسوف والطبيب الماهر المسيحي حُنين بن إسحق (809–873) الذي عاش في بغداد. قام ابن اسحق بترجمة أعمال الطبيب الإغريقي **أبيقراط الكوسي** (حوالي 460 – حوالي 370 ق.م.) ومارس مهنة الطب تبعاً لتعاليمه، كما أنه استخدم أساليب في العلاج طورها الطبيب الإغريقي **غالن البيرغامومي** (حوالي 129 – حوالي 216).



▶ بحث العلماء العرب في مجالات العلوم قاطبة بما في ذلك علم الفلك. يُصور الرسم الذي يعود إلى القرن الخامس عشر حشدين نجميين، تعبيراً من وحش خرافي واسد.

تواريخ مفصلية

622 هجرة الرسول محمد (صلى الله عليه وسلم) من مكة المكرمة إلى المدينة المنورة.

630 فتح مكة.

750 سقوط الخلافة الأموية وانتقال العاصمة من دمشق إلى بغداد في عهد الخلافة العباسية.

حوالي **820** إنشاء بيت الحكمة في بغداد.

حوالي **830** إدخال النظام الهندي للأعداد.

حوالي **860** بدء مزاولة مهنة الطب في بغداد حسب مبادئ أبيقراط.

حوالي **880** حساب البتاني (الباتيجينوس) لطول السنة الشمسية ووقت حدوث الاعتدالين.

900 دعم العظام المكسورة باستخدام جبيرة باريس.

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

حوالي 800 ترجمة كتاب العناصر *Elements* (في الهندسة) إلى العربية لعالم الرياضيات الإغريقي **إقليدس** (اشتهر في 300 ق.م.).

حوالي 820 الخليفة العباسي عبدالله المأمون (786–833) يؤسس بيت الحكمة في بغداد حيث يقوم العلماء بترجمة كتب علم الفلك والعلوم الأخرى إلى اللغة العربية، يصبح البيت أحد أكبر معاهد العلم في العالم.



حوالي 820 يصف عالم الرياضيات العربي أبو جعفر محمد ابن موسى الخوارزمي (حوالي 780 – حوالي 850) الأسطرلاب، يبقى الجهاز الفلكي الأهم لتسجيل مواقع النجوم لعدة قرون. وبعد حوالي عشر سنوات يُؤلف الخوارزمي كتابه الشهير كتاب *حساب الجبر والمقابلة*. تُدخل الترجمة اللاتينية للكتاب في القرن الثاني عشر الرموز الرياضية الهندية – العربية إلى أوروبا، يشتق الغربيون مفردة «الجبرا» من كلمة *الجبر* في عنوان الكتاب، كما أن اسم الخوارزمي يترجم إلى اللاتينية ليأخذ معنى «اللوغريتمات».

827 يترجم العرب كتاب **بطليموس** (حوالي 100 – حوالي 170) التركيب الرياضي العظيم *Megale Mathematike syntaxis*. وتُعنون الترجمة *الماجست* أو الماجسطي (الأعظم)، *Algamest* لتبقى الترجمة ذات تأثير رئيس على علم الفلك الغربي.

840 يُسجل العرب في حوالي هذه الفترة رصدهم للبقع الشمسية.

876 يستخدم شعب غوالور في الهند نظاماً للأعداد تعتمد فيه قيمة الرمز فيه على الموضع متضمناً رمزاً للعدد صفر.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

850 يُؤلف الطبيب العربي حُنين بن إسحق (809–873) *كتاب المقالات العشر في العين*، واصفاً فيه تشريح العين وأمراضها وعلاج تلك الأمراض.

850 اعتماداً على القصص الأسطورية يكتشف راعي أغنام اسمه خالدي نبات القهوة في شرق إفريقيا.

ورد وصف تفصيلي لتشريح عين الإنسان في كتاب ابن اسحق حول أمراض العين وذلك عام 850.

حوالي 855 الكتاب الصيني تصنيف *أساسيات ألغاز تاو في الأصل الحقيقي للموجودات* (الفضيلة في المعتقد الكونفوشيوسي) السرية لمؤلفه زهنغ ين يشرح تركيباً بدائياً لأحد أنواع البارود يُعرف «عقار النار».

حوالي 900 يُميز الطبيب العربي الفارسي الأصل **الرازي** (حوالي 865 – 923) بين مرضى الحصبة والجدري، كما يستخدم جبيرة باريس في تثبيت كسور العظام خلال التئامها.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

780 بداية صناعة الورق عند العرب مستخدمين الأساليب التي تعلموها من الصناع الصينيين في سمرقند (أوزبكستان حاليا).

789 يضع الإمبراطور شارلمان (742–814) في أوروبا المقاييس المعيارية للأوزان والأطوال.

800 تتبنى شعوب أمريكا الوسطى تقانات تصنيع المعادن نقلا عن أمريكا الجنوبية.

800 في هذا الوقت تقريبا يُشيد شعب الهوهوكام في أريزونا شبكة للري تتكون من سدود نُصبت على نهري جيلا والسولت ترتبط بقنوات لري الأراضي الزراعية. وفي وادي المسيسبي يستخدم الأمريكيون الأصليون الأقواس والسهام لأول مرة.

800 انتشار استخدام أفران الصهر العالي لصهر الحديد من إسبانيا وحتى الدول الإسكندنافية.

800 يُهدي الخليفة العباسي هارون الرشيد (حوالي 766–809) الإمبراطور شارلمان (741–814) ساعة مائية.

812 ظهور الأوراق النقدية في الصين لاستخدامات محدودة، عرفت الأوراق بـ «النقد الطائر».

820 ينتج البربر (العرب) في إسبانيا النحاس بصهر خامات الكبريت.

834 أول ظهور لاستخدام الرافعة اليدوية في أوروبا، تُستخدم الرافعة لإدارة العجلات، وتصور مخطوطات أوتريخيت سالتر (سفر مزامير أوترخيت)، المكتشفة قرب الريم (في فرنسا حاليا) مخططا للرافعة.



الآلات العديدة التي اخترعها الفلكيون العرب استخدمت فيما بعد في الملاحة والمساحة.

انظر أيضا استخدام المعادن 1: 38-39؛ المِعداد والعَد 2: 32-33؛ العلوم العربية 2: 38-39؛ رحلات الفايكنج 2: 44-45

علم الفلك والرياضيات ASTRONOMY & MATH

880 يُدخل الفلكي العربي أبو عبدالله محمد بن جابر **البتاني** (850-929)، يُعرف في الغرب أيضا باسم الباتيجينوس، حساب المثلثات في علم الفلك العربي، كما يُصحح بعض أعمال الفلكي والجغرافي الإغريقي **بطليموس** (حوالي 100 -حوالي 170)، كما يحسب البتاني طول السنة الشمسية ويحدد بدار الاعتدالين بشكل أكبر دقة ممن سبقوه.

حوالي 960 يُدخل الفلكي وعالم الرياضيات الفارسي أبو الوفا (940-998) مفهوم ظل الزاوية في علم حساب المثلثات (يساوي ظل الزاوية النسبة بين طول الضلع المقابل للزاوية إلى طول الضلع المجاور في المثلث قائم الزاوية)، كما يُسهم في تطوير بعض المفاهيم في الهندسة الكروية (الفضائية).

964 يثبت الفلكي العربي عبد الرحمن **الصوفي** (903-986) وجود مجرة المرأة المسلسلة وسحابة ماجلان الكبيرة.

975 يخترع القسيس والمفكر وعالم الطبيعيات الفرنسي **جربرت الأورىلاكي** (حوالي945-1003) أورغا هايدروليكيا يُنتج صوتا ثابت الطبقة، ويجعل أنابيب الأورغ متوافقة رياضياً لتعطي توافقيات صوتية أفضل، كما أنه يُعيد إدخال النظام الهندي - العربي للأعداد والمعداد إلى أوروبا. في عام 999 يَتقلد جربرت منصب البابوية ويتسمى باسم البابا سلفستر الثاني.

988 يُشيد الفلكي وعالم الرياضيات الفارسي أبو الوفا (940-998) آلة الرُبع (أداة تستخدم لقياس الارتفاع) لمتابعة رصد النجوم.



استخدم الكيميائيون العرب جهاز الإمبيق لتقطير النبيذ في تصنيع الكحول.

العلوم الحيوية LIFE SCIENCES

900 يقطر الكيميائيون العرب النبيذ لإنتاج الكحول لاستخدامه في الأغراض الطبية. تتزايد أهمية تقانة التقطير في تطوير علم الكيمياء (الكيمي)، كما تُرجمت إلى اللاتينية في البداية).

950 يُدخل المستوطنون العرب نبات الليمون إلى صقلية وإسبانيا.

981 افتتاح أحد أوائل المشافي في العالم في بغداد، عاصمة الخلافة العباسية حينها، ويمارس في المشفى 24 طبيبا.

الهندسة والاختراعات ENGINEERING AND INVENTION

860 تغامر السفن الطويلة للفايكنج من النرويج والسويد في البحار وصولا إلى آيسلندا التي يستوطنوها النورويجيون بعد 14 سنة.

868 طبع أول كتاب في الصين بعنوان *الحكم الماسية*.

954 يأمر الإمبراطور الصيني شيه تسونغ بتشييد نصب أسد تسونغ- تشو العظيم، وهو نصب من الحديد يزن حوالي 44 طناً (40 طناً متريا)، ويعتبر أكبر قالب حديدي استكشف في الصين القديمة.

960 تطبع السلطات في مقاطعة زيشوان في الصين الأوراق النقدية كوسيلة التعامل التجاري. وسرعان ما تنتشر.

967 تشييد نصب الباغودة (برج بشكل جزءاً من معبد بوذي) الحديدي الشرقي في ناحية من نواحي جوندونغ في الصين.

976 يخترع المهندس الصيني تشانغ سهو - سون آلية إدارة ساعة فلكية باستخدام السلاسل.

982 تعبر السفن الطويلة للفايكنج شمال المحيط الأطلسي لتكتشف جزيرة غرينلاند، كانت الرحلة تحت إمرة القائد إريك ثورفالدسون (950- حوالي 1003) الذي لقب فيما بعد إريك الأحمر، يستوطن 400 من النورس الجزيرة بعد أربع سنوات من اكتشافها.

984 أول استخدام لهويس القنوات (نظام لنقل السفن من مستوى مائي إلى آخر)، كما يصف ذلك تشاو وي - يو.

استخدم الصناع الصينيون اطناناً من الحديد لصب الأجزاء المنفصلة من نصب الباغودة عام 967.



صناعة الورق واستخداماته
MAKING AND USING PAPER

تُعتبر الكتابة واحدة من أعظم ابتكارات الإنسان عبر العصور. لكن، مع تعلم الإنسان الكتابة برزت الحاجة الملحة إلى وسيط يُكتب عليه، وقد استخدم الإنسان في البداية جدران الكهوف والأعمدة الصخرية المنحوتة علاوة على الألواح الطينية، لكن هذه الوسائل لم تكن قابلة للحمل، وقد اخترع قدماء المصريين أوراق البردي، بيد أن التطور الحقيقي تمثل في اختراع الصناع الصينيين الورق.



▲ مؤلف صيني يُمسك قلماً وورقة، منتظراً نزول الإلهام بينما يخرج خادمه المواد اللازمة لإعداد حبر الكتابة. صنع الصينيون الحبر بطحن الصبغ والسخام (سناج المصابيح) ونوع من الفحم الناعم يستخرج بحرق الزيوت المستهلكة في إنارة المصابيح في الماء.

صنع **المصريون** منذ عام 2800 ق.م. أوراق البردي – ومن اسمها اللاتيني اشتقت اللغات اللاتينية مُسمى الورق- من النباتات القصبية التي تنمو على ضفاف نهر النيل. تبدأ عملية التصنيع بتقشير القصب وتقطيع لبه الداخلي إلى شرائح توضع بشكل متشابك قبل دقها لتصبح على شكل صفحة مستويةً، وأخيراً، وبعد تجفيفها، يتم صقل الصفحة باستخدام صخور ناعمة.

من مواد الكتابة القديمة أيضاً لحاء الشجر والملابس والجلود الرقيقة للحيوانات التي كانت تحول إلى برشمان أو رق كتابة. يشير البرشمان في العادة إلى جلد الماعز غير المدبوغ، ويعتقد أن مصدر الاسم هو المدينة الإغريقية بيرغاموم في آسيا الصغرى (تركيا حاليا) التي اشتهرت بصناعتها. أما رق الكتابة فيصنع من جلود الخراف أو العجول، وهو جلد أرق من البرشمان، وتتم عملية التصنيع بتنظيف الجلد بالكلس ثم مده على إطار وتركه ليجف ويتلو ذلك كشط الجلد بنصل حاد حتى ينعم السطح ويصبح صالحاً للكتابة عليه.

يعود أول ذكر لصناعة الورق في **الصين** إلى حوالي عام 105 ميلادية بحسب ما يذكره المؤلف تساي لون (حوالي 50 -حوالي 118) الذي عمل في البلاط الإمبراطوري خلال حكم أسرة هان (200 ق.م. – 220 ميلادية). يصف تساي لون كيفية تصنيع الورق باستخدام الأسمال البالية ولحاء الشجر وغيرهما، لكن الاحتمال الأكبر أن هذه الصناعة بدأت قبل هذا التاريخ بقرن على الأقل، كما استخدم الصناع الصينيون أوراق الشجر والنباتات في تصنيع الورق. من بين وسائل التصنيع تشكيل عجينة بهرس ألياف أشجار البامبو الصغيرة مع اللحاء الداخلي لشجر التوت بوجود الماء، وتُسمى العجينة المتكونة بهذه الطريقة الردغة، وتُصب على قطعة قماش خشنة ممدودة على إطار خشبي، إذ تعمل قطعة القماش كمرشح (فلتر)، وينزل الماء عبر قطعة القماش لتبقى على سطحها الألياف النباتية التي تصبح ورقاً بعد جفافها. استخدم الصينيون أيضا ألياف شجر القنب بالتقانة نفسها لإنتاج ورق أعلى درجة، لكن الورق المصنوع من الحرير كان أغلى الأنواع. ولجعل السطح أكثر ملاءمة للكتابة تُرش عليه طبقة من مادة غروية مصنوعة من النشا، وتراوحت أنواع الورق المنتجة من النوع الخشن للف الأشياء إلى النوع الناعم الخاص للاستخدام كورق حمامات.

اخترعت الشعوب في أنحاء مختلفة من العالم الورق بشكل مستقل عن الصينيين. ففي **بلاد الرافدين** استبدل الناس، وبشكلٍ تدريجي، الألواح الطينية صعبة التداول بنوع من الورق شبيه بورق البردي مصنوع من الأشجار القصبية، كما أن سكان تيوتيهوكان في المكسيك في أمريكا الوسطى أنتجوا نوعاً من الورق خلال القرن السادس الميلادي تقريباً باستخدام لحاء أشجار التين بعد تنقيعها في الماء وهرسها، وبعد مد العجينة تغطى بطبقة بيضاء من البرنيق (الورنيش) ويتم صقل السطح باستخدام أحجار ناعمة.

على الرغم من محاولة الصينيين إبقاء سر صناعتهم طي الكتمان انتشرت التقانة الصينية لصنع الورق في كوريا واليابان وفيتنام ما بين القرنين الثالث والسادس الميلاديين، ومن تلك المناطق وصل السر إلى الهند وسمرقند في آسيا الوسطى، وبحلول القرن الثامن الميلادي بلغ دمشق وبغداد في الشرق الأوسط، كما أن التجار العرب نقلوا التقانة إلى مصر وشمال إفريقيا في القرن العاشر. استخدم العرب ألياف الكتان لإنتاج ورق قوي عالي الجودة، وفي مرحلة لاحقة أنتجوا الورق من ألياف عشبية أخرى من مثل نبات الحلفاء (نبات عشبي من الفصيلة النجيلية) والقش وأخيراً لب الأعشاب. شُيد أول مصنع للورق في أوروبا عام 1150 في مدينة فالنسيا بإسبانيا، وكان المعتاد تسمية هذه المصانع بالمطاحن إما نسبة إلى استخدام الدواليب المائية لتوفير

تواريخ مفصلية

2800 ق.م. أوراق البردي المصرية.

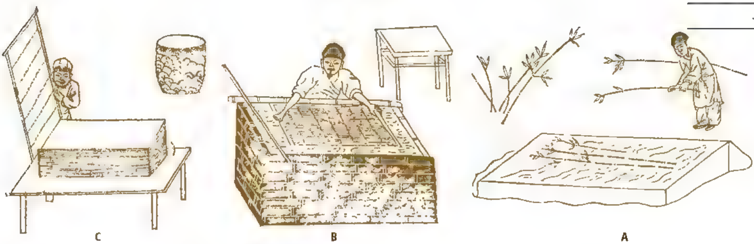
105 الورق الصيني.

868 أول كتاب مطبوع.

960 الأوراق النقدية في الصين.

1150 أول مطحنة ورق في أوروبا.

1442 المطبعة.



C B A



▲ «الحكم الماسة» هو أقدم كتاب مطبوع مستكشف وقد طبع في الصين حوالي عام 868، طبع الكتاب على لفائف من الورق المصنوع يدوياً باستخدام قوالب خشبية. وتبين الصورة مشهداً لعبادة بوذا.

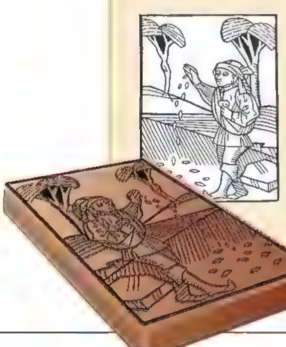
الطاقة لآلات العجن أو بسبب استخدام المصانع لرحى الطحن لتكسير المواد النباتية.

لماذا احتاج البشر إلى كل هذا الكم من الورق؟ يأتي الجواب بأن حاجة الإنسان إلى الورق نبعت من حاجته لتسجيل الكثير من الأشياء، مثل كمية الطعام المخزون والضرائب المدفوعة (أو غير المدفوعة) – حتى عصر اختراع الحاسوب لم يكن بمقدور أي موظف بيروقراطي العمل دون الاستعانة بالكثير الكثير من الورق، كما أن النساخين وضعوا الجهد الجهيد في تدوين الكتب الدينية وسجلات الأحداث التاريخية. الصينيون، من جانبهم، استخدموا الورق في صنع المظلات والسترات الواقية من المطر، بل وحتى النوافذ. واستخدم الجنود الصينيون أطباقاً من الورق السميك كدروع تحمي أجسادهم. بالإضافة إلى ذلك كان الصينيون أول منً اخترع التجليد، وفي حوالي عام 960 طبعوا النقود الورقية للتداول العام مستخدمين لذلك قوالب (كليشات) خشبية محفورة. أدى اختراع الألماني **يوهانز غوتنبيرغ** (حوالي 1400–1468) للمطبعة عام 1442 إلى تفجر الطلب على الورق في أوروبا، إذ لم يعد الكتاب بعد ذلك رفاهية للأغنياءِ فقط، وخلال فترة وجيزة أخذت مطابع الصحف تلتهم أطناناً من الورق يوميا.

▶ لم تتغير صناعة الورق كثيراً منذ اكتشافه في الصين في حوالي عام 105 ميلادي. تبدأ العملية بعجن مواد نباتية مثل الأوراق ولحاء شجر التوت وبراعم أشجار البامبو وفروعها الغضة (A) بوجود الماء في حوض. ثم يمد الصانع العجينة على شاشة رقيقة أو شبكة (B). وأخيراً ينزل الماء لتبقى الألياف المتشابكة ذات السطح المستوي، التي تترك لتجف مكونة صفحة ورق (C) .

الطباعة باستخدام القوالب (الكليشات) الخشبية

من أوائل طرق طباعة الصور على الورق تلك المُسماة القواطع الخشبية. اكتسبت الطريقة هذا المُسمى نظرا لأن التصميم يوضع على سطوح قطع خشبية بارزة، وتكشط أية زوائد خشبية غير مرغوبة. وللحصول على منتج عالي الجودة وقابل للبقاء دون أن يَبلى تستخدم العروق الداخلية للأخشاب، ويقوم عامل الطباعة برش الحبر وتسويته على السطح مع الاعتناء بعدم سكب أي جزءٍ منه إلى الخارج، وأخيراً يقوم العامل بمد الورق على السطح وضغطهما معا. ناقلاً بذلك الصورة إلى صفحة الورق، ما تحصل عليه على الورق المطبوع صورة مرآة للأصل المنحوت على الكليشة.



رحلات الفايكنج

VIKING VOYAGES



▲ تتميز السفينة الفايكنجية هذه برأس التنين المنصوب على مقدمتها، الذي نحت من قطعة خشبية منذ حوالي 1,000 عام.

المصريون وشعوب بلاد الرافدين هم أول من صنع السفن ذات الأشرعة المربعة. لكن سفنهم كانت صغيرة جداً ولا تصلح إلا للإبحار على المياه الهادئة مثل نهر النيل ونهر الفرات، أما قبائل الفايكنج من الدول الاسكندنافية فقد طوروا الشراع المربع ليبلغوا به حد الكمال، فأبحروا في سفنهم الكبيرة الطويلة حتى عبروا بها المحيط الأطلسي ووصلوا أمريكا الشمالية.

تواريخ مفصلية

793 - 1000	غزو الفايكنج لأوروبا.
860	الفايكنج يستكشفون آيسلندا.
874	الفايكنج يستوطنون آيسلندا.
982	إيريك الأحمر يستكشف غرينلاند.
986	الفايكنج يستوطنون غرينلاند.
1000	ليف إيركسون يستكشف سواحل أمريكا الشمالية.

غزا النورس (قدماء الإسكندنافيين) جزءاً قبالة الساحل الإسكتلندي وهولندا في عام 793، وبحلول عام 850 أنشأوا المستعمرات في إيرلندا، وفي حوالي عام 860 استكشف الفايكنج آيسلندا ليستوطنوها بعد 14 عاماً من ذلك، وفي الوقت الذي بدأ زعماء قبائلهم غزو بريطانيا وفرنسا قام بحارتهم برحلات ملحمية على متن سفنهم الطويلة بعبور شمالي المحيط الأطلسي. في عام 982 استكشف إيرك ثورفالدسون (950 –حوالي 1003)، الملقب بإيرك الأحمر، الساحل المتجمد من جزيرة غرينلاند، متبنياً هذا الاسم للأرض التي استكشفها تحفيزاً لقومه على استيطانها. وفي عام 986 قاد 400 مستعمر لاستيطان الجزيرة، في حوالي عام 1000 استكشف ابنه ليِف إيركسون (حوالي 970 –حوالي 1020) سواحل أمريكا الشمالية، وخلال رحلته وطئت أقدامه جزيرة هيلولاند (جزيرة بافن) وماركلاند (لابرادور) قبل أن يقضي شتاء تلك السنة في منطقة أسماها فاينلاند (أو «واينلاند»، أي أرض النبيذ، ربما نسبة إلى العنب الذي وجده ينمو هناك). لانعلم تحديداً موقع منطقة فاينلاند، لكن يُعتقد أنه يقع في مكان ما بين جنوبي لابرادور وولاية نيوجيرسي الحالية. وبعد عام واحد أو أكثر قليلاً قاد إيركسون المستوطنين إلى جزيرة نيوفوندلاند حيث شيدوا البيوت وسقفوا أسطحها بالمروج المكسورة بالأعشاب، وذلك نظراً لعدم وجود أشجار الخشب فيها، وشيد في الجزيرة مستعمرة لانس أوميدوز (مروج خليج لانس او ميدو). بيد أن المستعمرين أضطروا للهرب من الجزيرة تحت وطأة المقاومة الشرسة للسكان المحليين الذين أطلقوا عليهم مُسمى سكرلنجز (المتوحشون أو البدائيون في اللغة النرويجية).

قطع الفايكنج الأنهار الرئيسة في أوروبا وغزوا معظم القارة، إذ نهبوا مدينة باريس في فرنسا عام 845 ثم أعادوا غزوها ونهبها مرة أخرى عام 856، وأنشأوا في رحلاتهم طرق التجارة والمستوطنات فاحتلوا نورماندي في شمال فرنسا عام 911 وبقوا هناك حتى عام 1000. كما استوطنوا إيرلندا وإنجلترا والدنمارك وألمانيا وروسيا.



يكمن سر النجاح البحري للفايكنج في سفنهم الطويلة ذات الأسطح المفتوحة. تميزت سفن الفايكنج بارتفاع القمة والمؤخرة وتصميم صارية ذات شراع مربع مما وفر لها السرعة والسلاسة في الإبحار، كما وفر صف متواصل من المجاديف على كل جانب القدرة على المناورة على مقربة سواحل الأنهار ومصباتها حيث تنعدم فائدة الأشرعة، علاوة على أن المجاديف ساعدت في زيادة سرعة السفن في المعارك. وللتحكم في مسارها وضع مجداف تحكم واحد على ميمنة السفينة – سطح القيادة أو جانب التحكم، وقد تعددت مُسميات سفن الفايكنج تبعاً لاستخدامتها، وأطول أنواعها الدراكار، ويعني التنين باللغة النروجية. وذلك نسبة إلى رأسي التنينين المحفورين على طرفيها. ويبلغ طول الدراكار 100 قدم (30 م) ويمكنه بلوغ سرعة قصوى تقارب 14 عقدة بحرية، ما يعادل 16 ميلاً في الساعة (26 كم/ الساعة). ولأغراض نقل البضائع والتجارة ونقل المستعمرين شيد الفايكنج سفينة أقصر طولاً وأعرض أسموها كنار، ويتميز هذا النوع بجوانب أكثر ارتفاعاً وبسطح للبضائع في المقدمة والمؤخرة ووجود عدد قليل من المجاديف، وتبلغ سعة حمولتها 27 طناً (25 طناً متريًا).

استخدم بناة السفن الفايكنج عوارض خشبية مستقيمة متداخلة من شجر البلوط لتصنيع جوانب بدن السفينة وثبتوها في مواضعها بالمسامير. ولبناء الهيكل الداخلي استخدموا قطعاً خشبية متماسكة اختاروها بعناية من أغصان الأشجار ذات الانحناء المناسب. ولتوفير أكبر قدر من القوة عمد الفايكنج إلى عدم نشر الخشب عبر عروقه لتصنيع الشكل المطلوب. أما الشراع فصنع من الصوف المحاك ولذلك كانت إدارته صعبة للغاية عند تشبعه بالمياه خلال العواصف. في الرحلات الطويلة اعتمد البحارة على اللحم والسمك المقددين



▶ وصلت سفن الفايكنج آيسلندا وغرينلاند علاوة على إبحارها على السواحل الأوروبية والأنهار الرئيسة في القارة.



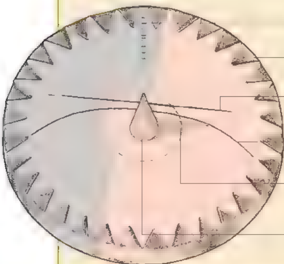
▲ سفن الفايكنج الطويلة مناسبة للإبحار قرب سواحل الأنهار ومصباتها نظراً لعرض قاعدتها مما يجعلها تزيح قدراً قليلاً نسبيا من الماء.

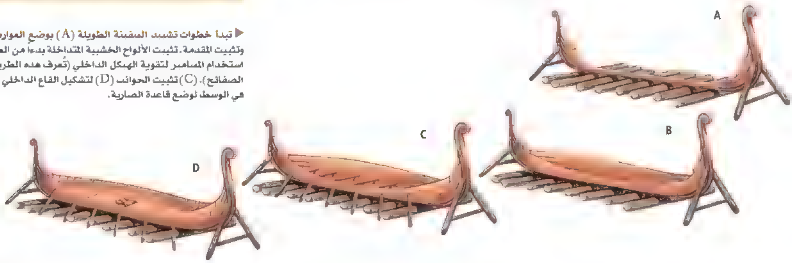
للطعام واستخدموا جلود الحيوانات يتلحفون بها في منامهم على السطح المفتوح للسفينة. في رحلاتهم البحرية الطويلة كان على الفايكنج حمل المياه العذبة معهم، لكنهم أيضا شربوا الميد، أو ما أسموه نبيذ، وهو شراب كحولي مصنوع من العسل المخمر.

تنبع غالبية معلوماتنا عن سفن الفايكنج الطويلة من مدافنها، مثل مدفن السفينة الملكة آسا في مدينة أوزبيرغ بالنرويج (نُبش المدفن عام 1904)، الذي يعود تاريخه إلى عام 834. يبلغ طول السفينة 71 قدماً (21.6 م) واستدعى دفنها قيام مجموعة من الرجال بسحبها إلى الشاطئ وإنزالها في حفرة ضحلة. وقد وضع المشيعون بدن السفينة في نعش مصنوع من جذع شجرة ودفنوا معها أثاثها والأواني التي استخدمت خلال رحلاتها، وتم تغطية القبر بالصخور والطين وزرعت فوقها طبقة من الأعشاب، وبقي المدفن ومحتوياته دون انتهاك لأكثر من 1,000 سنة.

الملاحة الفايكنجية

قامت سفن الفايكنج الطويلة ببعض الرحلات المدهشة، ورغم أن غالبية هذه الرحلات كانت حول السواحل وعلى مرمى النظر منها، بيد أن بعض السفن مخرت عباب البحار آلاف الأميال في محيطٍ غير محدد المعالم. فكيف تم ذلك؟ زمن هذه الرحلات كان في بدايات تطوير الصين للبوصلة، كما لم يكن أحد اكتشف بعد كيفية تحديد خطوط الطول (المسافة للسفر شرقاً أو غرباً من نقطة مرجعية)، استخدم الملاحون الصينيون زاوية ميل الشمس أو نجم ما لتحديد خطوط العرض (المسافة شمالاً وجنوباً)، لكن هذه التقنية كانت مجهولة لدى الفايكنج. ويبدو الأقرب احتمالاً أن الفايكنج اخترعوا جهاز ملاحة هجين بين الساعة الشمسية والبوصلة، تتكون البوصلة الشمسية للفايكنج من قرص خشبي وضعت على محيطة 32 خدشاً يشير كل منها إلى اتجاه البوصلة، عند وضع القرص أفقياً يُسقط عمود مدبب أو شكل مخروطي مثبت في المركز ظله على سطح القرص (تشبه الآلة المزولة في هذا الجزء)، وبإدارة القرص يمكن جعل الظل منطبقاً على واحدٍ من خطين محفورين على القرص، يمثل الخطان المسار الظاهري للشمس عبر السماء، أحدهما للاعتدالين والآخر للانقلاب الشمسي. بهذه الطريقة يمكن معرفة اتجاه السفينة بقراءة الخدش المناسب من القرص، وقد استكشف جزء من هذا الجهاز في مستعمرة قديمة للفايكنج في غرينلاند، يرجع تاريخه إلى حوالي 1,000 سنة مضت.





▶ تبدأ خطوات تشييد السفينة الطويلة (A) بوضع العوارض الطولية للقاعدة وتثبيت المقدمة. تثبيت الألواح الخشبية المتداخلة بدءا من العوارض الطولية. (B) استخدام المسامير لتقوية الهيكل الداخلي (تُعرف هذه الطريقة بمركب الألواح أو الصفائح). (C) تثبيت الجوانب (D) لتشكيل القاع الداخلي للسفينة. حفر فجوة في الوسط لوضع قاعدة الصارية.

الأعلام 849 ق. م. - 999 ميلادي
KEY PEOPLES 849 B.C. - 999 A.D.

أسماء الأعلام المكتوبة **بالبُنط العريض** *كتبت عنهم فقرات في هذا الجزء من المجلد أو في جزء الأعلام في مجلد آخر. أما المدونة أسماؤهم* **بالبُنط الغامق والمائل** *فلهم مقالات خاصة ضمن المجموعة.*

الكمايون (اشتهر خلال القرن السادس قبل الميلاد)

الكمايون طبيب وفيلسوف إغريقي وهو أول من اشتهر من علماء التشريح. ولد في مدينة كروتونا في إيطاليا واتبع مذهب عالم الرياضيات والفيلسوف الإغريقي **فيثاغورث** (حوالي 580 –حوالي 500 ق.م.)، الذي ركز على أن الصحة الجيدة تعتمد على توازن المتناقضات (مثل الحار والبارد). أصبح الكمايون أول من شرح الحيوانات لدراسة تركيبها في وقت كانت المعرفة الطبية فيه تستند بشكلٍ عام على النظرية وإمعان الفكر (سُمي التشريح «التَّركيب»)، لاحظ في تشريحه للعين اتصال العصب البصري بالمخ وتيقن أن المخ، وليس القلب، هو مصدر الإحساس، واكتشف القنوات السمعية التي تربط بين الأذن الوسطى والبلعوم – رغم أنها سُميت لاحقا بقناة استاكيوس نسبة إلى عالم التشريح الإيطالي بارتيلوميو استاكيو (حوالي 1520–74) الذي أعاد اكتشافها عام 1552 وكان رائداً في علم الأجنة .

أناكسوغورس
(حوالي 500 – حوالي 428 ق.م.)

أناكسوغورس فيلسوف طبيعيات أيوني من أوائل من افترضوا نظرية حول أصل المجموعة الشمسية. ولد في مدينة كلازومينا الإغريقية في آسيا الصغرى (تركيا حاليا)، ودرس من حوالي عام 480 ق.م. في أثينا وضمت قائمة تلاميذه الكاتب المسرحي يوريبيديس (حوالي 480 – 406 ق.م.) ورجل الدولة بيريكليس (حوالي 495 –حوالي 429 ق.م.)، لكن آراءه العلمية أسقطته من عين السلطات فاتهم بالعقوق ونفي من أثينا لبقية حياته. اعتقد أناكسوغورس أن الأشياء تتكون من عدد لامتناه من الجُسيمات الصغيرة، الذرة، وأن العقل (أو العقل «الفياض» بحسب الفلسفة الأفلاطونية) يؤثر عليها لتنتج ما نراه من حولنا، وعلم تلامذته أن الأجرام السماوية «صخور» انطلقت من الأرض وأن الشمس كرة صخرية ملتهبة وأن القمر ينير بانعكاس إشعاع الشمس الساقط على سطحه، وقال إن الزخات العظيمة للشهب التي تساقطت عام 4767 ق.م. مصدرها الشمس. مات أناكسوغورس في منفاه في مدينة لامباسكوس في هليسبونت.

أناكسيماندر المليتوسي
(حوالي 611 ق.م.– حوالي 547 ق.م.).

أناكسيماندر فيلسوف طبيعيات أيوني ولد في مدينة ميلوتوس في آسيا الصغرى (تركيا حاليا) ويعتقد أنه تتلمذ على يد **ثاليس المليتوسي** (حوالي 624–545 ق.م.) من أعماله تحديد وقت الاعتدالين باستخدام مزولة شمسية (غنومون) وقياسه الدقيق لطول السنة الشمسية والفصول. ويقال إنه رسم خارطة للعالم على سطح أسطواني، مسلماً بذلك بانحناء سطح الأرض. من تعاليمه أيضاً وجود عوالم أخرى غير عالم الأرض التي اعتبرها مركز الكون ومعتبراً أن الشمس والقمر ليستا إلا حلقات مشتعلة قذفت بعيداً عن الأرض نتيجة لدورانهما، كما اعتنق فكرة أن الحياة بدأت مع الحيوانات المائية والتي انتقلت إلى الأرض فيما بعد وتكيفت مع بيئتها وأن الإنسان تطور من حيوانات أقل منه مرتبة.

أبولونيوس البيرجاوي
(حوالي 262 – 190 ق.م.)

ولد عالم الرياضيات الإغريقي أبولونيوس في مدينة بيرجا في بلاد الأناضول (تركيا حاليا) ودرس في مدينة الإسكندرية بمصر. يعتبر البعض أبولونيوس عالماً عظيماً في الهندسة، واشتهر حوالي عام 230 ق.م. لتأليفه مصدراً معتمداً في علم الهندسة من ثمانية مجلدات بعنوان *المخروطيات*، يناقش الكتاب الأشكال المخروطية –الدائرة والإهليج والقطع الناقص والقطع الزائد– بالإضافة إلى أساليب تدريس هذه الموضوعات، فُقد أثر مجلدين من هذه المجموعة بينما لا تزال ثلاثة مخطوطات باللغة اليونانية وثلاثة أخرى مترجمة إلى العربية. انشغل أبولونيوس بمسألة كيفية رسم دائرة تمس ثلاث دوائر أخرى فقط في محاولة لتفسير الحركة الظاهرية للكواكب. رصد أبولونيوس الحركة الارتجاعية للمريخ وغيره من الكواكب وقدم تفسيراً لها (الحركة الارتجاعية هي الحركة الظاهرية لكوكب على خط الشرق – الغرب بالنسبة لنجم مرجعي والتي تحدث لفترة وجيزة قبيل وبعيد وقوع الكوكب في الجهة المعاكسة لموقع الشمس).

ارخميدس
(حوالي 287 - حوالي 212 ق.م.)
انظر الصفحات 16-17 من هذا المجلد

إرستارتشوس الساموزي
(اشتهر خلال القرن الثالث قبل الميلاد)

إرستارتشوس (أو أرستاركوس) فلكي إغريقي ولد في جزيرة ساموز ودرس في معهد لاسيوم بأثينا ثم انتقل للعمل بشكل رئيس في الإسكندرية بمصر. استخدم في رائعته، *حول أحجام ومسافات الشمس والقمر*، بيانات الرصد ومبادئ الهندسة لحساب بُعد الشمس والقمر عن الأرض، لكن عدم دقة البيانات التي استخدمها أدت إلى نتائج خاطئة بشكلٍ كبير. وقد استنبط إرستارتشوس أن الشمس والقمر لهما ظاهرياً القطر نفسه نتيجة للتناسب الطردي بين البعد عن الأرض وقطر الجرم السماوي، وافترض أن الأجرام السماوية لا تدور معللاً حركتها الظاهرية بدوران الأرض حول محورها، كما نادى بمبدأ ثبات الشمس في مركز الكون وبالحركة الدائرية للأرض والكواكب الأخرى حولها. استند رائد علم الفلك الحديث البولندي ***نيكولاس كوبرنيكس*** (1473–1543) إلى هذه الأفكار في تقديم نظرية مركزية الشمس لنظامنا الشمسي.

ارسطو **(384 - 322ق.م.)**
انظر المقالة في الصفحات 10-11 في هذا المجلد.

إسكليبدس البيثاني
(حوالي 120 – حوالي 30 ق.م.)

أدخل الطبيب الإغريقي إسكليبدس مقاربات جديدة إلى نظام الطب الروماني. ولد في مدينة

بروسا في بيثانيا (على البحر الأسود بمحاذاة آسيا الصغرى) وارتحل كمعلم للخطابة قبل أن يستقر في روما طبيبا. نادى بأن الأمراض هي نتيجة لاختلال ترتيب جزيئات الجسم، وهي أفكار تتعارض مع تعاليم **أبيقراط** (حوالي 460 – حوالي 377 ق.م.) في نظرية «الأخلاط الأربعة». (المترجم: اعتبرت مدرسة أبيقراط أن سبب الأمراض هو اختلال التوازن بين الدم والبلغم والصفراء والسوداء في الجسم). أيد إسكليبدس نظم علاج تضم الحمامات (الكمادات). الباردة والتمارين الرياضية والتدليك والتغذية المتوازنة. ووصف النبيذ بدل الأدوية القوية وركز على أهمية النقاهة، وبفضل إسكليبدس أدخلت هذه المبادئ الإغريقية في ممارسة الطب الروماني.

البتاني، أبو عبد الله محمد بن جابر (حوالي 850 – 929)

يعتبر البتاني، المعروف عند اللاتينيين الباتيجينوس، أعظم علماء الفلك في عصره. اشتغل ما بين عامي 877 و 918 في المرصد المشيد في مدينة رقة في شمال سوريا حاليا. حدد البتاني بدقة طول السنة الشمسية وطول الفصول وطول السنة الموسمية، وهي الفترة بين اعتدالين متماثلين (365 يوماً شمسياً وربع). في حوالي عام 880 أدخل دالة جيب الزاوية والنسب الزاوية الأخرى في علم الفلك وصحح بعض النتائج الفلكية التي حصل عليها الفلكي والجغرافي الإغريقي **بطليموس** (حوالي 100 –حوالي 170). تُرجم مؤلفه الأهم، *كتاب الزيج*، حول حركة النجوم إلى اللاتينية عام 1116.

براهماقبتا (598 – حوالي 660)

براهماقبتا فلكي وعالم رياضيات هندي عمل في مدينة أوجيان في الوسط الغربي للهند. ألف عام 628 كتاب *براهماقبتا سدهانتا* (نافذة الكون)، وهو كتاب في علم الفلك احتوى أيضاً فصولاً في الرياضيات بما في ذلك علمي الجبر وحساب المثلثات. يصف الكتاب بعض العمليات الرياضية التي تحتوي رمزاً للعدد صفر الذي اتخذ له رمز النقطة في البداية في النظام العددي الموضعي الهندي (وبهذه الطريقة لا يمكن الخلط بين الرقم 702، مثلاً، مع الرقم 072 أو 720). يرجع استخدام الرمز 0 للصفر إلى الهنود أيضاً وذلك في نهايات القرن التاسع الميلادي.

كالينيكوس (ولد حوالي عام 620)

كالينيكوس معماري وكيميائي إغريقي ولد في سوريا وينسب إليه اختراع آله الحرق المعروفة بالنار الإغريقية. اعتبرت مكونات مادة الإحراق من الأسرار المحمية ومازلنا لا نعرف تحديداً ماهيتها، ويبدو أنه مزيج سائل عالي القابلية للاشتعال يتكون من الجازولين والراتنج والكبريت المخلوط بالصخور الملحية – يشبه إلى حد بعيد تركيب مادة قنابل النابالم. استخدمت النار الإغريقية ضد السفن المعادية، حيث يتم إطلاق المادة أما بنفثها على المهاجمين بواسطة مضخات أو بملء قذائف بها وإطلاق القذائف بواسطة المنجنيق، وتقوم المضخات بعمل قاذفات اللهب ليسقط السائل المشتعل على سطح مياه البحر لتشتعل النار في السفن والبحارة على حد سواء. وبحسب المعلومات المتوفرة استخدمت نار الإغريق أول مرة عام 674 ضد الأسطول العربي من دمشق الذي حاصر مدينة بيزنطة (إسطنبول حاليا)، ونجم عن ذلك تدمير كامل للأسطول.

سلسس، أولس كورنيلوس (اشتهر خلا ل القرن الأول الميلادي)

سلسس كاتب وطبيب روماني ألف موسوعة ذات 21 مجلداً أسماه *آرتس* (العلوم). ضمت الموسوعة موضوعات في الزراعة والحرب وثمانية مجلدات في الطب، ولم يبق من هذه الموسوعة إلا مجلد دي *مديسينا* (الطب). يغطي كتاب الطب موضوعات الصحة والتغذية وأعراض الأمراض والاختلالات العامة للجسم (الحمى وغيرها) والأمراض المتعلقة بأعضاء الجسم كل على حدة والكسور والأدوية والجراحة. بقيت أعمال سلسس مصدراً معتمداً ومؤثراً يرجع إلية لعدة قرون، من أوائل الكتب التي طبعت عام 1478 *كتاب الطب*.

ستيسيباس الإسكندري (اشتهر خلال القرن الثالث قبل الميلاد)

ستيسيباس مهندس إغريقي (اشتغل في الأصل صبياً عند والده الحلاق) وطور اختراع آلات عدة من بينها المنجنيق والأورغ والمضخات والساعة المائية. ولد في الإسكندرية (مركز العلم في مصر الإغريقية)، لكن المؤرخين لا يعرفون عن حياته شيئاً باستثناء نجاحاته التكنولوجية. يعزى إليه اختراع المضخة الدافعة المعروفة لدى دور الآثار بمضخة ستيسيباس، للمضخة أسطوانتان عموديتان تناسب مقاساتهما مكبسين وتعملان بالتناوب (مرتكزتان في الوسط مثلما تعمل لعبة الترادف عند الأطفال). تتحكم في معدل تدفق المياه إلى الأسطوانتين أو الأنابيب الخارجية صمامات ارتجاعية (صمامات لها لسان) صُنعت الأسطوانتان والمكبسان من البرونز ويحتمل أنه تم تشكيلها باستخدام مخرطة.

اخترع ستيسيباس مضخة مشابهة أخرى لتوفير الطاقة لأورغ مائي (أطلق عليه اللاتينيون مُسمى *هايدرولس*)، كما استخدم البرونز في تصنيع نوابض المنجنيق. هناك بعض الأدلة على أنه صمم منجنيقا يستخدم الهواء المضغوط لإطلاق القذائف، المنجنيق ذو الرئة أو الهوائي. ويتمثل إسهامه في تطوير الساعة المائية بإضافته مضخة توفر ضغطاً ثابتاً لمصدر الماء بحيث تعمل الساعة بمعدل ثابت لتدفق الماء منها، كما أضاف حجراً كريماً مصقولاً ليعمل كصمام لأنبوب تدفق الماء حتى لا يصدأ ولا تتغير أبعاده (وبذلك لا تتغير دقة الساعة).

ديونيسوس السركيوزي الأكبر (حوالي 431 – 367 ق.م.)

ديونيسوس الأكبر هو طاغية سيراكيوز في صقلية خلال الأعوام من 405 ق.م. وحتى 367 ق.م. ورغم أصوله العائلية المتواضعة تمكن من الاستيلاء على السلطة، واستعان بالجنود المرتزقة في حروبه ووقع هدنة مؤقتة مع القرطاج عام 404 ق.م.، لكنه سرعان ما عاد إلى قتالهم من عام 398 ق.م. وحتى 392 ق.م. بعد فترة سلام قصيرة عادت الحروب بين الطرفين ليُهزم ديونيسوس بشكل نهائي على يد القرطاج عام 368 ق.م. يحتل ديونيسوس مكانه في المسار الزمني للعلوم والتكنولوجيا بسبب أمره (حوالي عام 399 ق.م.) بإعداد سلاح جديد ليستخدمه ضد القرطاج والإغريق في وقت لاحق. تشمل اختراعات مهندسيه آلة *البوليبوس* (متعدد الطلقات أو الرشاش)، وهي منجنيق مزود بآلية دفع متسلسل بحيث تطلق السهام تباعا.

دايوفانتوس (حوالي 200 – حوالي 284)

دايوفانتوس عالم رياضيات إغريقي يعزى إليه فضل استحداث علم الجبر. ولد وعاش في مدينة الإسكندرية بمصر. لا يعرف عن حياته شيء آخر عدا تأليفه كتاب *أريثماتيكا* (الحساب) المتكون من 13 مجلدا (لم يصلنا إلا ستة مجلدات منه). يُعنى الكتاب بحل العلاقات الجبرية، وهو فرع من الرياضيات لم يتطرق إليه الإغريق من قبل، وتعرف بعض المسائل المحتوية على عددٍ من الكميات المجهولة بمعادلات دايوفنتان. بقيت بعض هذه المعادلات دون حل حتى أثبت عالم رياضيات حديث (المترجم: لويس جويل مورديل (1888–1972)) عام 1970 بعدم وجود طريقة لإثبات وجود حل لمعادلات دايوفنتان من عدمه.

دايوسكوريدس، بدانوس
(اشتهر خلال القرن الأول)

بيدانوس دايوسكوريدس طبيب روماني يعتبر مؤسس علم النبات. كانت لآرائه الأثر الكبير على الطب لعدة قرون بعد وفاته. ولد في مدينة أنازاربس في سيليشيا بجنوبي آسيا الصغرى (تركيا حاليا). أصبح جراحاً في جيش الإمبراطور نيرون، حيث عكف على رسم النباتات التي شاهدها خلال رحلاته مع الجيش في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط مبيناً خصائصها الطبية. يُعنى كتابه، *دي ماتيريا مديكا* – المواد الطبية، الذي ألفه باللغة الإغريقية –على الرغم من عنوانه اللاتيني– حوالي عام 77، بتصنيف أكثر من 600 نوع من النباتات والمعادن وخواصها الطبية. يتكون الكتاب من خمسة مجلدات ويغطي النباتات العطرية والحبوب والأعشاب والجذور والبذور وعصائر النباتات، ويوصي في كتابه باستخدام نبات اللقاح (المترجم: نبات من الفصيلة الباذنجانية) المنقع بالنبيذ كمادة تخدير في العمليات الجراحية. بقي الكتاب مصدراً معيارياً لأكثر من 1,000 سنة.

إراتوسثينيس السايريني
(حوالي 276 – 194 ق.م.)

إراتوسثينيس فلكي وجغرافي وعالم رياضيات إغريقي من سايرين (ليبيا حاليا) تقلد منصب مدير مكتبة الإسكندرية. قدر محيط الأرض بملاحظته – حوالي عام 235 ق.م– أن الشمس تكون عمودية في مدينة سين (أسوان) في ظهيرة الانقلاب الصيفي حوالي يوم 21 يونيو، بينما تسقط الشمس ظلاً في الوقت نفسه في مدينة الإسكندرية، وبقياس طول الظل ومعرفة المسافة بين أسوان والإسكندرية تمكن من قياس محيط الأرض الذي قدره بحوالي 29,206 ميلا (47,000 كم)، القيمة الفعلية هي 24,902 ميلا أو 40,075 كم. ويكمن مصدر الخطأ في عدم قدرته على حساب المسافة بين البلدين بدقة، فاضطر إلى تقديرها بحساب المسافة التي يقطعها الجمل في يوم واحد.

قاس أراتوسثينيس ميل محور الأرض وجمع بيانات مفهرسة (كاتلوج) عن النجوم. في مجال الجغرافيا قسم العالم إلى خمس مناطق مناخية: الموسمي المركزي محاطة من الجانبين بمنطقتين معتدلتين تحيط بكل منها منطقة متجمدة. وفي الرياضيات اخترع «منخل إراتوسثينيس»، وهو طريقة لإيجاد الأعداد الصماء (الأعداد التي لا تقبل القسمة إلا على نفسها وعلى العدد1) كما أنه وضع تاريخاً للعلوم مسجلاً تواريخ التطورات العلمية من سقوط طروادة في حوالي عام 1250 ق.م.

إقليدس (اشتهر خلال عام 300 ق.م.)

يعتبر إقليدس أعظم علماء الرياضيات الإغريق القدامى في وقت كانت الهندسة الموضوع الرئيس في العلوم الرياضية. يعتقد أن إقليدس تتلمذ في الأكاديمية في أثينا، وأسس في حوالي عام 300 ق.م. مدرسة الرياضيات في الإسكندرية بمصر. يعتبر مؤلفه ذو الثلاثة عشر مجلدا، *العناصر*، أشهر كتاب في الرياضيات وأقدم إنجاز رئيس باق. ظل الكتاب المصدر الرئيس لتعليم الهندسة حتى القرن التاسع عشر الميلادي.

تنهج موضوعات كتاب *العناصر* البدء بمجموعة من البديهيات (فرضيات مقبولة) لبناء النظريات وإثبات العلاقات ذات الصلة بالأشكال الخطية والسطوح (بما في ذلك نظرية فيثاغورث) والأشكال الدائرية والهندسة ثلاثية الأبعاد. هذا الأسلوب الذي يستند إلى فرضيات تعتبر بحد ذاتها «حقيقة» لتبني النظريات عليها ومن ثم إثباتها أصبح أساس غالبية الفكر المنطقي العلمي. كما ألف إقليدس أيضاً كتاباً حول الأشكال المخروطية وعلم الفلك والبصريات وافترض أن الرؤية تتم من خلال بث عين الإنسان «خطوطا» تسقط على الأشياء من حولنا.

إدوكسس النايديسي
(حوالي 408 – حوالي 355 ق.م.)

ولد عالم الرياضيات والفلكي الإغريقي إدوكسس (أو أدوسوس) في مدينة نايدس في آسيا الصغرى (تركيا حاليا) وتتلمذ على يد الفيلسوف الإغريقي **افلاطون** (حوالي 428 –حوالي 348 ق.م). ارتحل في آسيا الصغري ومصر، حيث درس في هيليوبولس (القاهرة)، ومن ثم عاد ليؤسس مدرسته الخاصة في سايزيكوس. استحدث في مجال الرياضيات «أسلوب الاستنفاذ» (الذي يستند على استنفاذ جميع الحلول المعروفة لإيجاد حل مسألة مجهولة). مثال على ذلك، لإيجاد مساحة الدائرة نقوم برسم شكل متعدد الأضلاع داخله (حساب مساحة الشكل متعدد الأضلاع معروف)، ثم نقوم بزيادة أضلاع الشكل مرة تلو الأخرى ونحسب المساحة في كل مرة، وتستمر هذه العملية حتى نصل إلى أقرب تشابه بين الدائرة والشكل متعدد الأضلاع. وضع أدوكسس تصوراً لحركة الكواكب في علم الفلك افترض فيه أن كوكباً ما (أي كوكب) يتصل بكرة تدور حول مركزها –الأرض– تلامس الكرة سطح كرة ثانية تدور حول محور مائل، كما أن سطح الكرة الثانية يلامس سطح كرة ثالثة تدور أيضا حول محور آخر بميل بزاوية مختلفة عن زاوية ميلان الكرة الأولى، وتستمر عملية إضافة كرة رابعة وخامسة لتتوقف عندما تتوافق الحركة المركبة لمجموع الكرات مع حركة الكوكب تحت الدراسة، وبحيث لا تزيد عدد الكرات عن 27 كرة. ضمّن **أرسطو** (384–322 ق.م.) نظرية «الكرات متوافقة المركز» هذه في نظريته الخاصة بالكون.

يوبالينوس الميغاري
(اشتهر خلال القرن السادس قبل الميلاد)

ولد المعماري والمهندس الإغريقي يوبالينوس في ميغارا قرب مدينة أثينا. كلفه بوليكريتس (توفى عام 522 ق.م.) طاغية جزيرة ساموس ببناء قناة مائية، وذلك في حوالي عام 530 ق.م. استدعى تنفيذ المشروع حفر نفق عبر الجبال بطول 3,600 قدم (1,100 م). قام العمال بالحفر من جهتي الجبل في آن واحد وتلاقت فرقتا العمل على بُعد بضع بوصات من وسط المسافة.

غالن البيرغامومي
(حوالي 129 – حوالي 216)

كان غالن (أو كما يسمونه في اللاتينية كلودس جالينوس) طبيباً إغريقيا، وأصبح المرجع المعتمد في الطب لعدة قرون. ألف المئات من الكتب لم يصلنا منها إلا 350 كتابا. ولد غالن لأب معماري في بيرغاموم بآسيا الصغرى (تركيا حاليا). درس في عدة أماكن بدءاً من بيرغاموم وسمارنا (تركيا) وكورنث (اليونان) والإسكندرية (مصر)، كما ارتحل إلى أفريقيا والهند. عاد إلى مسقط رأسه بيرغاموم عام 157 حيث عين رئيس أطباء فرقة الجلادين. انتقل إلى روما عام 162 وعين الطبيب الخاص للإمبراطور عام 169. كان غالن من المعجبين بأعمال الطبيب الإغريقي **أبيقراط الكوسي** (حوالي عام 460 –حوالي عام 377 ق.م.) وعكف على جمع الأعمال الطبية لمن سبقوه ومن عاصروه على حد سواء – الإغريق والرومان والعرب. قام غالن بتشريح الحيوانات ومن ضمنها الكلاب والخنازير والقردة (لكن لم يقم بتشريح أية جثة بشرية)، كما أجرى عدداً من التجارب الأخرى وسجل نتائج أبحاثه في عدد من الكتب. اعتنق غالن فكرة أن المخ والقلب والكبد تمثل الأعضاء الرئيسة لجسم الإنسان (عاكسا بذلك فلسفة **افلاطون**). وبحسب غالن اعتبر أن وظيفة الكبد هي تحويل الطعام

المهضـوم إلى دم، وينتقل الـدم إلى القلب ليحصل علـى الأرواح الحيوية، ومن القلب يسـري الدم إلى المـخ حيث يحصـل علـى الأرواح الحيوانية. أدخل غالن عام 175 في الممارسـة السريرية قياس نبض المريـض كدليل على الحالـة الصحية. كما أنه بين أثـر العقل على الجسـم، عندما تزيد نبضات القلب عند الشـعور بالتوتر مثلاً، وأوصى بإجراء الحجامة لمعالجة بعض الأمراض، وأفرط في الغالب في أخذ الدم من المرضى إلى درجة سقوطهم مغشياً عليهم. وصلت كتب غالن إلى أوروبا خلال القرن الثاني عشر عبـر ترجمة عربية للأصل اللاتيني عكسـت وجهة نظر الأطباء العرب في أعماله.

جربرت الأوريلاكي (حوالي 945 - 1003)

جربرت هو مفكر وعالم طبيعيات وقسـيس فرنسي وهـو أول عالم - إن لم يكـن الوحيد- تقلد منصب البابوية. ولد قرب أوريلاك جنوبي فرنسـا وتأهل للعمل في الكنيسـة ليصبح مدرسـاً في مدينة ريم. أصبـح في عام 991 مطـران مدينة ريم وانتقل إلى مدينة رافينا بإيطاليا عام 998 ليعين مطراناً هناك أيضا. وبعد سـنة تقلد منصب البابوية تحت اسـم البابا سلفسـتر الثاني، حيث بقي في هذا المنصب إلى وفاته بعد أربع سـنوات. ألف جربرت عدة كتب قبل تقلده المناصب الدينية وشملت كتبه موضوعات الموسـيقا والعلـوم وكتابين فـي الرياضيات. أعاد إدخال المعداد إلى أوروبا عام 975، كما أدخل نظام الأعداد الهندية - العربية (مثلما نستخدمها اليوم)، ولكـن دون إدخال رمز للعدد صفر. كما أن لجربرت إسهامات على المسـتوى العلمي، إذ يقال أنه صمم أورغـاً هايدروليكياً (ميكانيكي مائـي) وآلة إفلات ميكانيكيـة (للتحكم في إفـلات النابض المضغوط) تتحكم في السـرعة الدوارنية لتروس العجلات، لكن من غير المؤكد تطبيق اختراعه لآلية الساعة.

هيرو الإسكندري
(اشتهر في القرن الأول الميلادي)

هيـرو (المعـروف أيضا هيـرون) عالـم رياضيات ومختـرع إغريقي له فضل اختراع العديد من الآلات الميكانيكية من بينهـا الأورغ المائي (الهايدروليكي) وآلة إطفاء الحرائق والأبواب ذاتية الحركة (المؤتمتة) والعوامة وآلـة تعمل بإدخال قطـع النقود المعدنية فيها (لبيع الماء المقدس في المعابد المصرية). لكن أكثر اختراعاته شـهرة آلة ايولوبايل، وهو نوع بسيط من العنفات (التوربينات). تتكون الآلة من كرة معدنية مجوفـة تتصـل بأنبوبين. يوضع المـاء داخل الكرة المعدنية، وبتسخينها يتحول الماء إلى بخار ينفث من الأنبوبين، تؤدي قوة دفع البخار إلى دوران الكرة حول نقطة ارتكازها. ولعل الاحتمال الأكبر أن هيرو اخترع الآلة كلعبـة أو كابتكار جديد وليس كمصدر للقدرة، بيـد أنـه يعتبر حتى يومنا هذا طليعـة الآلة النفاثة والعنفـة (التوربين) البخارية. ضـم كتابه *الهوائيات* شرحاً لهذه الاختراعات وابتكاراته الهوائية والمائية الأخرى. أما كتاب *الميكانيكا* فيستعرض موضوعات مختلفة تشـمل الروافع ومركز الثقل والتروس. نشر هيرو أيضاً كتاب *القياسـات* عام 62 يتضمن حساب مساحات وحجوم أشكال مختلفة بما في ذلك معادلة لحسـاب مسـاحة المثلث بمعرفة أطوال أضلاعه، وتعرف هذه العلاقة أحيانا بمعادلة هيرو. ألف هيرو أيضاً كتاباً في *البصريات* عنونه الانعكاس أثبت فيه تسـاوي زاويتي السـقوط والانعكاس لشعاع ضوئي ساقط على سطح مرآة مستوية (تعرف العلاقة حالياً بقانون سنل).

هيروفيلوس الإسكندري
(حوالي 335 - حوالي 280 ق. م.)

هيروفيلـوس جراح وعالم تشـريح إغريقي وهو أول من شـرح جسـم الإنسـان وقارنه بتشـريح أجسام الحيوانات. ولد في تشالسيدون (كاديكوي حاليا) في آسيا الصغرى (تركيا حاليا) وأسس مدرسة للتشريح في الإسـكندرية بمصر حيث أجـرى الفحوص على الجثـث أمام العامة (يعتبر بداية الطب الشـرعي). وصف هيروفيلوس المخ والكبد والأعضاء الجنسـية والطحـال، وكان أول مـن حدد الاثني عشـر والذي يصـل المعدة بالمعي عام 290 ق.م. يشـتق اللفظ اللاتيني للاثني عشـر من المفـردة الإغريقية ذاتها التـي تعني اثنا عشـر إصبعـاً، وذلك نظـراً لطول هـذه الأمعاء كما قاسـها هيروفيلـوس. درس أيضاً الدورة الدموية وميز بشـكلٍ واضـح بين الأعصاب الحسـية والأعصاب الحركية. اكتشف هيروفيلوس غدة البروسـتاتا في المسـالك البوليـة للرجال في عام 290 ق.م . ومما ينقل عنه أيضا محاولته قياس نبض المريض باسـتخدام الساعة المائية. ورغم أن أعماله لم يكتب لها البقاء إلا أن **غالن البيرغامومي** (حوالـي 129 -حوالي 216) وضعها ضمن تعاليمه وكتبه.

هيباركوس النايسياني
(حوالي 180 - 125 ق. م.)

هيباركـوس (أوهيباروكوس) فلكـي وجغرافي وعالم رياضيـات إغريقي حسـب المسـافة بيـن الأرض والقمـر. ولد في نايسـيان (ازنيق حاليا) في آسـيا الصغـرى (تركيـا حاليا). قام بالرصـد الفلكي في موطنـه نايسـيان علاوة علـى الإسـكندرية بمصر وجزيرة رودس الإغريقية. قاس طول السنة الشمسية بدقة لـم يتجاوز الخطـأ فيها 6.5 دقيقـة، وقارن البيانات المدونة بواسـطة الفلكييـن من قبله حول زمن حدوث الانقلابين ليستنتج تأخرهما غربا (تأخر الانقلابيـن). كمـا صنف النجوم بنـاءً على لمعانها الظاهري وسجل بياناته في قائمة مفهرسة (كاتلوج) ضمـت 850 نجمـاً وذلك عـام 129 ق.م.، محدداً مواقع النجوم باسـتخدام خطـوط الطول والعرض لإحداثيات سماوية ابتدعها. يعتقد بعض المختصين أن الفلكـي والجغرافي الإغريقي **بطليموس** (حوالي 100 -حوالي 170) ضمن كتابه الأعظم (*الماجست*) بيانات قائمة هيباركوس. وقدر هيباركوس المسـافة بين الأرض والقمر ما بين 57 إلى 67 ضعف نصف قطر الأرض، وذلك بالاسـتعانة ببيانات الخسـوف، (علما بأن المسافة المعتمدة حالياً هي 60.4 ضعف نصف قطـر الأرض). وفي مجـال الجغرافيا ابتكر فكرة خطوط الطـول والعرض لتحديد المواقع على سطح الأرض، كما أنه طور حساب المثلثات الكروي الذي احتاجه في حساباته الفلكية.

أبيقراط الكوسي
(حوالي 460 - حوالي 377 ق. م.)

أبيقـراط طبيـب إغريقي غالبا ما يشـار إليه على أنه «أبو الطـب». ولد في جزيرة كوس ولا يُعرف إلا القليل عن حياته باستثناء أنه نذر نفسه لجمع أفضل مـا كان يُعرف من الطب في عهـده. اعتنق تلامذته مفهوم أن سـبب المـرض هو اختـلال «الأخلاط» أو السـوائل الأربعـة، وهي الدم والبلغـم والصفراء والسوداء. ولذلك اسـتندوا في منهج العلاج بحصر مهمـة الطبيب في إعـادة التوازن بين هذه الأخلاط وإن اسـتدعى الأمـر إخـراج بعـض دم المريض، واعتمدوا في ممارسـتهم للطب بشـكل رئيس على التغذية بالسـوائل وقـوى الطبيعة الذاتية للشـفاء، وقلمـا لجأوا إلى العمليـات الجراحية الكبيرة. بيّن أبيقـراط في كتابه *الهواء والماء والأماكن* أن صحة الشخص أو التجمعات السكانية يمكن أن تعتمد على البيئة، كما ربط في كتاب *الأمراض* السجل الصحي للمرضى بإصابتهم بأمراض حادة، ويعزى إليه مؤلف يتكون من 87 مجلداً بعنوان *الجسـد*، لكن الاحتمال الأكبـر أن أبيقراط لم يقم بتأليف هذه الموسـوعة، بل هي جزءٌ من مكتبة الطب في الإسكندرية جمعت في حوالي عام 250 ق.م. فرض أبيقراط على طلابه مجموعة من المبادئ تعبر عن أخلاقيات الممارسـة الطبيـة وصلتنا تحت مُسـمى قسـم أبيقراط الذي مـازال الأطبـاء يؤدون صيغة من صيغـه عند بداية ممارستهم للمهنة.

بابوس الإسكندري
(اشتهر خلال القرن الرابع الميلادي)

بابوس عالم رياضيات وهندسة إغريقي أسهم إسهامات رئيسة في تطوير العلم الحديث للهندسة. يضم مؤلفه مجموعة مقالات في الرياضيات (*ساناغوج*) في مجلداته الثمانية موضوعات عدة من بينها مقالة عن الدائرة وأقواسها ومعالجة عامة لنظرية فيثاغورث تُعنى بالمثلثات غير قائمة الزاوية وتعليقات (شروحات) على كتاب *العناصر* **لإقليدس** (اشتهر خلال عام 300 ق.م.) وكتاب *الماجست* (الأعظم) **لبطليموس** (حوالي 100–170). ساهمت هذه الشروحات في الإبقاء على شعبية الكتابين. يعرف علماء الرياضيات بابوس من خلال نظريتين باسمه تُعنى الأولى بدراسة السطح المحدد بستة رؤوس (زوايا) للشكل السداسي، بينما تُعنى النظرية الثانية بإيجاد الحجم الناتج عن دوران شكل منحنٍ حول محور ما.

بول الأجيني (اشتهر خلال العقد 640)

بول (اسمه اللاتيني بولوس أجنيتا) جراح إغريقي درس الطب ومارسه في الإسكندرية بمصر. ألف بول كتاباً واحداً، بحسب ما وصلنا من أعماله، وهو موسوعة طبية بعنوان *الكتب السبعة في الطب*. تشمل موضوعات الموسوعة الحمل واعتلالات الطفولة والشيخوخة والحمية الغذائية والأمراض والعلل (بدلالة الأعضاء المصابة) والسموم والجراحة والعلاج بالأدوية. والموسوعة بمجملها تجميع للمعارف الطبية عند الأقدمين وحتى زمن كتابتها.

أفلاطون (حوالي 428 – 348 ق. م.)

أفلاطون (اسمه الأصلي أرستوكليس) فيلسوف إغريقي أثرت تعاليمه على الفكر العلمي ومنهجه لمئات السنين. يعتقد أن أفلاطون ولد لعائلة من النبلاء في أثينا لكن المعلومات عن حياته الأولى شحيحة. كان أفلاطون تلميذا لسقراط (469–399 ق.م.) الذي أقنعه بالتخلي عن كتابة الشعر والتوجه لدراسة الفلسفة. انتقل أفلاطون إلى مغارا في أتيكا (وسط اليونان) بعد موت سقراط ليتتلمذ على يد الفيلسوف إقليدس (حوالي 435 – حوالي 365 ق.م.)، ومن ثم جاب البلدان في اليونان ومصر والجزء الإغريقي من إيطاليا وجزيرة صقلية. بعودته إلى أثينا عام 387 ق.م. أسس أفلاطون مدرسة للفلسفة أسماها الأكاديمية (المعهد) وتعتبر أول جامعة في العالم وبقيت نشطة حتى عام 529 ميلادي.

استقر أفلاطون في اثينا لبقية حياته باستثناء بعض الرحلات القصيرة إلى جزيرة صقلية. من بين أكثر تلامذة أفلاطون شهرة العالم والفيلسوف الإغريقي ***ارسطو*** (384–322 ق.م.). والجدير بالذكر أنه لم يكن لأفلاطون أي إسهام رئيس مباشر في العلوم، لكنه صاحب الفضل في تأسيس المناخ المناسب لازدهار الفكر العلمي.

بليني الأكبر (23 – 79)

بليني الأكبر (اسمه الكامل غايوس بلينوس سوكيندوس) عالم روماني ويعتبر من أوائل العلماء، بحسب المتوفر من السجلات، الذين قتلوا بينما كانوا يجرون أبحاثهم. ولد بليني لعائلة ثرية في نوفوم كوموم غاول (مدينة كومو بإيطاليا حاليا). درس بليني في روما والتحق ضابطاً بفرقة الفرسان عندما كان في الثالثة والعشرين من العمر حيث خدم في إفريقيا وألمانيا ليستقر في نهاية المطاف بمدينة كومو. عينه الإمبراطور الروماني نيرون (37 – 68) مفوضاً (حاكماً إدارياً للمستعمرة) على إسبانيا عام 71 وأصبح في السنة نفسها وصياً على ابن اخته بعد وفاة زوج أخته ومن ثم تبناه ليُعرف باسم بليني الأصغر (62–113).

درس بليني خلال هذه الفترة النباتات وسافر إلى ألمانيا لدراسة أنواع منها. وألف في موضوعات النباتات التي درسها وكذلك في التاريخ والإستراتيجيات العسكرية. جمع ملاحظاته حول النباتات عام 77 في موسوعة أسماها *التاريخ الطبيعي* احتوت 37 مجلداً، و بعد عامين قاد الأسطول الروماني على مشارف مدينة مسينوم حيث ثار بركان فيزوف فرسى على شاطئ ستابيه (كاستيلمار) يدفعه الفضول لإلقاء نظرة عن قرب على البركان. أدت فورة البركان إلى تدمير مدينتي بومبي وهيركولانيوم بالكامل. قهرت الأبخرة الخانقة بليني وتوفي على إثر ذلك.

بروكلوس القسطنطيني
(حوالي 410 – 485)

بروكلوس (بروكولوس) فيلسوف وعالم رياضيات إغريقي ولد في مدينة القسطنطينية (إسطنبول حاليا) لأبوين من نبلاء لايسيا في آسيا الصغرى (تركيا حاليا). تعلم في لايسيا والإسكندرية وأثينا حيث أصبح في حوالي عام 450 ق.م. آخر مدير للمعهد الذي أسسه **أفلاطون** (حوالي 428 – حوالي 348 ق.م.). يتمثل إنجازه الرئيس في الرياضيات في مقولته بعدم إمكانية رسم أكثر من خطٍ واحدٍ موازٍ لخط آخر عند نقطة ما (مبدأ عدم تلاقي الخطوط المتوازية). وأعاد عالم الرياضيات الإسكتلندي جون بليفير (1748–1819) اكتشاف هذا المبدأ ويُعرف اليوم بفرضية بليفير.

بطليموس (حوالي 100 – حوالي 170)

بطليموس (اسمه اللاتيني كلوديس بتوليموس) عالم رياضيات وجغرافي إغريقي ويحتمل أنه أعظم الفلكيين القدماء. يعتقد أن بطليموس ولد في مصر وعمل في مكتبة الإسكندرية حيث ألف حوالي عام 150 مجموعته الفلكية المهمة الأعظم – *الماجست*، وهو عنوان وضعه المترجمون العرب على المجموعة في حين أن أصل العنوان اللاتيني هو *العظيم*. اشتق بطليموس أجزاءً من أعمال **هيباركوس النايسياتي** (حوالي 180 – 125 ق.م.) وضمنها مجموعته وبقيت المصدر المعول عليه في الموضوع على مدى 500 عام. ولعل هذا أحد أسباب قبول نظرية مركزية الأرض، كما افترضها **أفلاطون** (حوالي 428 –حوالي 348 ق.م.) ومن بعده ***ارسطو*** (384–322 ق.م.) – فيما يُعرف بالنظام البطليموسي – لمدة طويلة امتدت حتى عام 1543 عندما قلب الموازين الفلكي البولندي ***نيكولاس كوبرنيكوس*** (1473–1543) وسار على الفكر الجديد (مركزية الشمس) أتباعه من أمثال ***غاليليو*** (1564–1642).

وضع بطليموس الخرائط أيضاً وألف كتاباً ذا ثمانية مجلدات بعنوان *الدليل الجغرافي*، الذي حوى تقديراً لحجم الأرض وقائمة بالأماكن المختلفة على سطحها تبعاً لخطي الطول والعرض (لكن تقديراته كانت بعيدة عن الحقيقة). كما أنه وضع كتاباً في البصريات شاملاً موضوعات الانعكاس والانكسار. ورغم أن أعمال بطليموس في حقل الجغرافيا تعتبر إسهامات علمية رئيسة، لكن شهرته تستند بالدرجة الأولى إلى أفكاره العتيقة في علم الفلك.

فيثاغورث
(حوالي 580 – حوالي 500 ق. م.)

فيثاغورث عالم رياضيات وفلكي وفيلسوف طبيعيات إغريقي، وبحسب ما ينقل فقد ولد في جزيرة ساموس. في حوالي عام 530 ق.م. غادر فيثاغورث الجزيرة ليستقر في المستعمرة الإغريقية جنوبي إيطاليا كروتون (كروتونا) حيث أسس جمعية دينية أخلاقية من أتباعه، ويبدو أن الفيثاغورثيين اشتغلوا على نطاق ضيق في الأمور السياسية، وعلى إثر ذلك نفي فيثاغورث

إلى ميتابوتوم في جزيرة لوكانيا حيث توفي هناك. عكف الفيثاغورثيون على دراسة العلاقات الرياضية للأصوات الموسيقية الدورية وتمثيل بعض الظواهر الطبيعية الأخرى كميا. وأكثر ما عرف به فيثاغورث النظرية المسماة باسمه ونصها أن مربع الوتر (أطول ضلع في المثلث قائم الزاوية) يساوي مجموع مربعي الضلعين الآخرين (أو $a^2=b^2+c^2$). في مجال علم الفلك اعتنق الفيثاغورثيون مبدأ كروية الأرض وأنها في مركز الكون الكروي الشكل أيضا، وتدور الكواكب الكروية حول مركزها (الأرض) في مدارات توافقية البُعد عن المركز (المترجم: أي أن هناك علاقة بين أنصاف أقطار هذه المدارات تشبه العلاقة بين الترددات الموسيقية أو الصوتية بشكل عام). تطورت دراسة الأعداد وتوافقياتها إلى نوع من التصوف لتصبح الفلسفة الفيثاغورثية طريقة حياة لأتباعها، كما كان لها الأثر الكبير على فكر **افلاطون** (حوالي 428 - حوالي 348 ق.م.)

الرازي (حوالي 865 - 923)

الرازي (اسمه الكامل أبو بكر محمد ابن زكريا الرازي) طبيب وعالم عربي ولد في الري قرب طهران في بلاد فارس (إيران حاليا). درس الرازي وكتب في موضوعات شتى شملت المنطق والفلسفة والشعر. ألف موسوعة في الموسيقا وشملت اهتماماته علم الكيمياء فألف فيه عشرين كتاباً من بينها *كتاب الأسرار*. اعتقد الرازي أن جميع المعادن مركبة من الزئبق والكبريت الخالصين «المثاليين»، وأن بالإمكان تحويل المعادن القاعدية إلى ذهب (لم يضع طريقة هذا التحويل ضمن «أسرار» كتابه)، وصنف المواد باعتبارها حيواناً أو نباتاً أو أملاحاً معدنية.

اهتم الرازي بالطب في مرحلة متأخرة من حياته على إثر لقائه صيدلياً في بغداد ليصبح في وقتٍ قصيرٍ رئيس الأطباء في المشفى الشهير. وأفضل أعماله الطبية المعروفة *كتاب الحاوي* المؤلف من 25 مجلدا. ورغم ضياع المخطوطة العربية الأصلية (المترجم: خلال حرق هولاكو لمكتبة بغداد) بقيت الترجمة اللاتينية له. كتب الرازي في حصى الكلى والمثانة، كما كتب في حوالي عام 900 كتاباً ميز فيه بشكلٍ دقيقٍ بين أعراض مرض الحصبة والجدري. يعتقد أن الرازي أعظم أطباء العالم العربي (المترجم: الحضارة الاسلامية هي الأصح) وبقي تأثيره القوي خلال العصور الوسطى.

سنحاريب (حكم 705 - 681 ق.م.)

سنحاريب هو الملك الأشوري الذي دمر بابل عام 689 ق.م. وأعاد بناء عاصمته الجديدة نينوى (قرب الموصل في العراق الحالي). أمر مهندسيه بإقامة السدود على نهر دجلة وشيد العديد من القنوات. في عام 691 ق.م. شيد سنحاريب قناة مائية بطول 50 ميلا (80 كم) لتوفير المياه لعاصمته نينوى.

الصوفي، عبد الرحمن (903 - 86)

الصوفي فلكي عربي ولد في بلاد فارس (إيران حاليا) وهو أول من اكتشف المجرات. قام بأعمال رصد عديدة وصحح قائمة النجوم (كاتلوج) التي جمعها الفلكي والجغرافي الإغريقي **بطليموس** (حوالي 100 - حوالي 170). الصوفي أول فلكي رصد في حوالي عام 964 أكثر مجرتين لمعاناً اللتين يمكن مشاهدتهما بالعين المجردة، والمجرتان هما مجرة المرأة المسلسلة ومجرة سحابة ماجلان الكبرى (التي أطلق عليها مُسمى الثور الأبيض). نشر الصوفي نتائج رصده عبر السنين في مؤلفه كتاب الكواكب الثابتة (درج الفلكيون العرب على تسميه *النجوم بالكواكب الثابتة* تمييزاً لها عن الكواكب التي اسموها الكواكب السيارة نظراً لحركتها الظاهرية البطيئة عبر السماء).

سلفستر الثاني، البابا
راجع جربرت الأوريلاكي

ثاليس المليتوسي
(حوالي 624 - 545 ق.م.)

ثاليس عالم وفيلسوف طبيعيات إغريقي ويعد أحد السبعة الحكماء من اليونان. ولد في ثاليس في ايونيا بآسيا الصغرى (تركيا حاليا). بعد دراسته علم الفلك وتقانات المساحة في مصر لفترة قصيرة عاد إلى ثاليس وانشغل بدراسة الهندسة وعلم الفلك.

استحدث ثاليس طريقة لحساب ارتفاع الهرم بقياس طول ظله وكذلك كيفية تقدير بُعد سفينة عن الشاطئ، ودرس أيضا الخصائص المغناطيسية للأحجار الهادية (حجر المغنطيس) وبينت الدراسات الحديثة عدم مصداقية أسطورة تنبئه بحدوث الكسوف الشمسي عام 585 ق.م.، على الرغم من أن شهرته المفترضة في عصره تستند إلى ذلك. تصور ثاليس الأرض كقرصٍ كبيرٍ يطفو على سطح محيط واسع، وافترض أن الماء هو أصل كل مادة في الوجود.

ثيوفراستوس الأرسوسي
(حوالي 372 - حوالي 287 ق.م.)

ثيوفراستوس فيلسوف إغريقي ولد في مدينة أرسوس في جزيرة ليسبوس. تتلمذ على يد **افلاطون** (حوالي 428 - 348 ق.م.) وتصادق خلال هذه الفترة مع *ارسطو* (348-322 ق.م.). تقلد منصب رئيس مدرسة المشائيين (الأرسطوطاليين) في لايسيوم بعد موت آرسطو. حفظ العديد من مؤلفات آرسطو، لكن غالبية مؤلفاته الشخصية اندثرت. من أعماله العلمية الباقية *تاريخ النباتات* وعلم *النبات النظري* اللذان يعودان لعام 300 ق.م. تقريباً، ويُعنى الكتاب الأول بوصف 550 نوعاً من النباتات ويصنفها ضمن مجموعاتٍ ثلاث: الأشجار، الشجيرات، الأعشاب. أما مؤلفه ذو السبعة أجزاء، *الأسباب*، فيُعنى بشرح الخصائص العامة للنباتات. في عام 305 ق.م. وضع كتاب *الأحجار* ويتضمن وصفاً لسبعين نوعاً من المعادن.

ماركوس فيتروفيوس بوليو
(ولد عام 70 ق. م.)

فيتروفيوس معماري ومهندس حربي روماني من شمال إيطاليا اشتهر بشكل رئيس لوضعه كتاب في *الهندسة المعمارية* المكون من عشر مجلدات. ألف الكتاب في حوالي عام 27 ق.م. ويضم إلى جانب النواحي المعمارية للمنشآت شرحاً لبعض الآلات الميكانيكية، وعلى سبيل المثال يتضمن الكتاب شرحاً للدولاب المائي ذي الدفع السفلي (عرف لبعض الوقت بدولاب فيتروفيوس) وكيفية نقل حركته بواسطة تروس إلى رحى لطحن الحبوب. يستعرض المجلد الثامن طرق توفير المياه وما يصاحبها من أمور هندسية، أما المجلد العاشر فيستعرض وصفاً للآلات الرافعة. في الجزء السابع يصف فيتروفيوس ملغم الذهب وهو سبيكة من الذهب والزئبق يستخدم لطلي الزخارف على التحف والمباني.

زينو الإيلي
(حوالي 490 - حوالي 430 ق. م.)

زينو عالم رياضيات وفيلسوف إغريقي ولد وعاش في مدينة إيلي وهي مستعمرة إغريقية تقع جنوب إيطاليا. اشتهر زينو لتصميمه في حوالي عام 430 ق.م. عدداً من المفارقات والمتناقضات تهتم بتبيان عدم إمكانية استمرارية الفضاء أو الزمن وعدم انفصالهما في الوقت ذاته (المترجم: تشابك الزمان والمكان مبدأ رئيس من مبادئ النظرية النسبية الخاصة لأينشتين). أفضل هذه المفارقات المعروفة محاولة آخيل اللحاق بسلحفاة بدأت الحركة قبله بزمن ما. وبحسب معطيات المفارقة يفشل آخيل في اللحاق بالسلحفاة بغض النظر عن سرعته.

معجم المصطلحات

GLOSSARY

اختصارات

ولد: (لشخص متوفٍ لا يعرف عنه إلا تاريخ ولادته).

حوالي: (السنة التي ولد أو توفي فيها الشخص تقديرياً).

توفي: (لشخصٍ متوفٍ لا يعرف عنه إلا تاريخ وفاته).

تاريخ بين حاضنتين يتبعه خط (-)، : مثلاً بل غيتس 1955 - ، يعني أن الشخص مازال حياً عند كتابة هذا المؤلف.

اشتهر: (لشخص لا يعرف تاريخ ولادته أو وفاته)

اعتدال (الـ) Equinox
إحدى النقطتين حيث تتقاطع الدائرة الكسوفية مع خط الاستواء السماوي (الدائرة المتكونة من مسقط مدار الاستواء للأرض على القبة السماوية). أيضاً اليوم الذي تتساوي فيه ساعات الليل وساعات النهار.

انصهار نووي Nuclear Fusion
عملية دمج نواتين أو أكثر من نوى العناصر لتنتج عنصراً أثقل.

أحافير Fossils
بقايا حيوانات ونباتات فترة ما قبل التاريخ المحفوظة في المواد الطبيعية من مثل الصخور الرسوبية والطين والعنبر والفحم.

أسطرلاب Astrolabe
أداة فلكية وملاحية قديمة لقياس ارتفاع الشمس أو نجم لامع، ويمكن بذلك تقدير الوقت وكذلك خط عرض موقع السفن.

آلة إفلات Escapement
آلية التحكم التدريجي في إطلاق الطاقة في ساعة حائط أو ساعة يد تعمل بواسطة ثقل ساقط أو نابض مضغوط على التوالي.

بارود Gunpowder
يُعرف أيضاً بالمسحوق الأسود. مزيج مسحوق قابل للاشتعال مركب من الكربون (الكربون النباتي) والملح الصخري (نيترات البوتاسيوم) والكبريت.

بردي (ورق) Papyrus
مادة للكتابة عليها استحدثها قدماء المصريين وتصنع بطرق عيدان نوع معين من النباتات القصبية.

برشمان Parchment
مادة للكتابة ابتكرها الأقدمون وتصنع من الجلود الرقيقة للخراف والماعز.

بصريات Optics
علم دراسة الضوء والرؤية.

بطليموسي Ptolemaic
له علاقة بعالم الفلك الإغريقي بطليموس (حوالي 100 - حوالي 170).

بقع شمسية Sunspot
مناطق سوداء تظهر بشكلٍ مؤقت على سطح الشمس.

بوصلة Compass
أداة ملاحية تتكون من إبرة مغناطيسية حرة الحركة يمكن لها الدوران حول نقطة تثبيتها وبذلك تشير دائماً إلى اتجاه القطب المغناطيسي الشمالي.

بوم Dhow
سفينة ظهرت لأول مرة في بحر العرب، ولها في العادة صارية واحدة يثبت عليها شراع اللاتين مثلث الشكل.

تخلف الاعتدالين
Precession of the equinoxes
التراجع التدريجي البطيء للاعتدالين غربا على الدائرة الكسوفية بسبب الحركة الدورانية لمحور الأرض.

تروس Gears
مسننة تستخدم لتحويل الحركة الدورانية لجزءٍ من الآلة إلى جزءٍ آخر.

جاذبية Gravity
إحدى القوى الطبيعية الأساسية وتظهر بتجاذب الكتل في الكون بأسره مع بعضها. تدور كواكب المجموعة الشمسية في أفلاكها نتيجة لقوة جاذبية الشمس لها، كما أن سبب بقاء عدة النجوم مترابطة يعود أيضاً إلى قوة الجاذبية.

جبر (علم) Algebra
فرع من فروع علم الرياضيات يُعنى بدراسة الخصائص الرياضية ويرمز فيه للكميات المجهولة بأحرف.

حجر مغناطيسي Lodestone
قطعة من معدن المغنتيت ذات خصائص مغنطيسية (جذب الحديد أو الفولاذ).

حساب مثلثات Trigonometry
فرع الرياضيات الذي يعنى بدراسة الزوايا والمثلثات والدوال الجيبية من مثل الجيب (الزاوية) وجيب تمامها وظلها.

خسوف (كسوف) Eclipse
تواري جزئي أو كلي لقرص القمر (الشمس) عن الأرض عند مرور الأرض (القمر) بين الشمس والقمر والارض.

دائرة كسوفية (الـ) Ecliptic
المسار الذي تتخذه الشمس ظاهريا خلال اليوم عبر السماء.

دولاب مائي Waterwheel
آلة قديمة لاستغلال طاقة المياه الجارية.

رق Vellum
مادة لكتابة عيها عند الأقدمين تصنع من جلود العجول أو الحملان أو الجدي.

سبيكة Alloy
مادة تصنع من مزج معدن مع مادة أخرى للحصول على مميزات معينة مثل مقاومة التآكل أو صلادةً أكبر. من بين السبائك الشائعة البرونز والنحاس الأصفر والفولاذ.

سحابة أوورت Oort cloud
منطقة كروية يعتقد بأنها تحيط بالنظام الشمسي تتواجد فيها المذنبات بأعدادٍ هائلة.

شمال مغناطيسي
Magnetic North
الاتجاه الذي تأخذه إبرة مغناطيسية حرة الحركة. لا ينطبق اتجاه المجال المغناطيسي على اتجاه الشمال الجغرافي، ويتغير بشكلٍ بسيط على مدى السنين.

شمس Sun
أي جرم سماوي يشبه شمس مجموعتنا الشمسية.

شمس (الـ) Sun, the
النجم الواقع في مركز المجموعة الشمسية وتدور الأرض والكواكب الأخرى في أفلاكها حولها.

صخور رسوبية
Sedimentary rock
صخور تتكون من مواد عضوية أو الأملاح المعدنية تحلمر على شكل طبقات بواسطة الجليد أو المياه أو الرياح.

عدد سالب Negative Number
العدد الأصغر من الصفر، مثلا، -4.

عدد الأساس Base Number
في نظم كتابة الأعداد ذات القيمة الموضعية يمثل عدد الأساس وحدة النظام بحيث تتغير القيمة إلى الدرجة الأعلى عند تغير موضع هذه الوحدة. عدد الأساس في النظام العشري المستخدم اليوم، مثلاً، هو العدد 10، وبذلك فإن العدد 87 يتكون من عشرة «ثمانيات» مضافاً إليها سبع وحدات. استخدم البابليون العدد 60 أساساً لنظامهم.

عدسة Lens
قطعة زجاجية أو بلاستيكية مصقولة على شكل يؤدي إلى تعديل أو «انحراف» شعاع الضوء المار خلالها. للعدسة المقعرة (المفرقة للضوء) سطح مجوف يشبه السطح الداخلي لملعقة أما العدسة المحدبة (الجامعة للضوء) فهي مكورة الشكل مثل السطح الخارجي للملعقة.

عصر النهضة Renaissance
حركة حضارية (تعني المفردة حرفياً البعث) بدأت من إيطاليا في القرن الرابع عشر ميلادي وانتشرت في بقية أرجاء أوروبا بحلول القرن السادس عشر.

فلك (علم) Astronomy
دراسة الأجرام خارج الغلاف الجوي للأرض.

قادس Galley
سفينة مسطحة تصلح للإبحار في المياه الضحلة ولها سطح واحد. يتم تسيير السفينة بواسطة المجاديف أو بالأشرعة.

قبو Vault
بناءٌ حجري على شكل قوس يشكل سطح أو سقف بناية ما

قداحة Flintlock
آلية إشعال الذخيرة في مسدس أو فوهة مسكيت. يتم حشو الفوهة من خلال مقدمة ماسورة السلاح وتكبس كرة من الرصاص فوق الذخيرة. تتصل الذخيرة بواسطة زعفة في نهاية الماسورة بمادة إشعال (بارود ناعم) أولية موضوعة في صحن. عند سحب الزناد تصدر شرارة من القداحة فتشتعل الشحنة الأولية ومن ثم الذخيرة التي تطلق الكرة من الماسورة.

قمر Moon
التابع الطبيعي لأي من الكواكب.

قمر (الـ) Moon, the
التابع الطبيعي الوحيد للأرض.

قناة Aqueduct
بناء على شكل جسر يُشيد عبر الأنهار أو عبر الأراضي المنخفضة بهدف دعم مجرى مائي اصطناعي ينقل المياه بالاستعانة بالجاذبية.

كابستان (رحى) Capstan
أنبوب أسطواني يثبت على ظهر السفن قابل للدوران لحمل الأثقال وإسناد الكوابل.

كارافل Caravel
مركب شراعي صغير سريع يعتقد أن مصدره البرتغال ظهر أوائل القرن الثالث عشر ميلادي. تميز المركب بوجود صاريتين أو ثلاث صوارٍ تحمل أشرعة مثلثة الشكل (اللاتين).

كون Universe
مجموع الزمان والمكان (الزمكان) وما يحتويه.

لاتين (شراع) Lateen Sail
شراع مثلث الشكل يثبت في صارية السفينة وعلى امتداد محورها، وبذلك يمكن الإبحار عكس اتجاه الرياح.

مدار Orbit
المسار الذي يتبعه جسم سماوي (أو تابع صنعي) تحت تأثير قوة الجاذبية.

مذنب Comet
جرم سماوي جليدي صغير يدور حول الشمس. بعض المذنبات ذات أزمانٍ دورية قصيرة مثل مذنب هالي، ويكون المدار إهليجياً بدرجة كبيرة، مما يؤدي إلى عودته ضمن النظام الشمسي كل 100 عام تقريبا. أما المذنبات ذات الأزمان الدورية الطويلة فيعتقد أنها انفصلت في الأساس من سحابة أوورت. يتأثر المدار لبعضها بالمجال الجذبي للكواكب العملاقة، مما يجعلها تسبح في أعماق مابين النجوم.

مستعر أعظمي Supernova
انفجار كارثي لنجم يؤدي إلى تبعثر أجزائه في الفضاء.

مغناطيسية Magnetism
الظواهر المتعلقة بالمجال المغناطيسي الذي ينشأ عن حركة الشحنات الكهربائية (التيار).

ميزوأمريكا Mesoamerica
المساحة التي تغطيها حالياً دول المكسيك وغواتيمالا والهندوراس والبليز والسلفادور التي احتلتها سابقاً شعوب الألمك والمايا والأزتك قبل العصر الكولومبي (قبل اكتشاف القارة الأمريكية).

نجم Star
جرم سماوي مضيء بذاته نتيجة إطلاقه الطاقة من لبه حيث تتم التفاعلات النووية الاندماجية (الانصهارية).

نظام شمسي Solar System
كل الأجرام السماوية الواقعة تحت هيمنة المجال الجذبي للشمس. ويتكون من الشمس وكواكبها التسعة بالإضافة إلى أقمار هذه الكواكب وأجرام صغيرة أخرى من مثل الكويكبات والمذنبات.

نوفا (مستعر) Nova
نجم يزداد لمعانه فجأة إلى ما يقارب 100 ضعف لمعانه الاعتيادي، ويتلاشى اللمعان تدريجياً على مدى بضعة شهور قبل أن يعود إلى مستواه الاعتيادي.

هندسة Geometry
فرع في الرياضيات يُعنى بدراسة خصائص الأشكال.

هيروغليفيا Hieroglyphs
نظام للكتابة استحدثه قدماء المصريين وشعوب المكسيك. يستعين النظام بالصور لتعبير عن الحروف.

SET INDEX

المسرد

A bold number shows the volume and is followed by the relevant page numbers (e.g., 1:11, 36). Page numbers underlined (e.g. 7:24–5) indicate the main entries for that topic. Italic page numbers (e.g., 2:21) refer to illustrations and their captions. Page numbers followed by an asterisk (e.g. 3:50*) refer to entries listed in the Key People pages.

A

abacus 2:32–3, 41, 49; 8:44
Abbe, Cleveland 6:30
Abbe, Ernst 6:31
Abel, Frederick 7:10, 47
Abel, John 8:14
Abelson, Philip 8:31, 9:16, 50
Abrikosov, Alexei 10:24
Abt, Roman 6:43
Abu al-Wafa' 2:41
Academy, Athens 2:7, 7, 48, 50
acetaminophen 7:36
acetanilide 7:36
acetic acid 2:38
acetone 7:34
acetylcholine 7:38; 8:6
acetylene 5:43; 8:6
acetylsalicylic acid 6:15; 7:36
Acharya, Bhaskara 3:7
Acheson, Edward 7:11
acids 2:35; 5:7; 8:10
Ackermann, Rudolph 5:27
acriflavine 7:34
actinium 7:18
actinometer 6:47
acupuncture 1:27, 30, 2:28, 31
acyclovir 9:31, 47
Adams, John 5:41
Adams, Robert 5:41
Adams, Walter 7:38, 8:22
Adams, William 6:10
adding machines 3:43, 8:27, 44
Addison, Thomas 6:18
Adelard of Bath 3:7, 10
adenosine diphosphate 8:42
adenosine triphosphate 8:34, 42; 9:19
Ader, Clement 7:12, 28, 29
Adleman, Leonard 10:7
Adler, Alfred 7:48
adrenocorticotropic hormone (ACTH) 9:13
aeolipile 2:20, 49
aerometer 4:42
aerosol 8:14
Agassiz, Louis 5:42
Agricola, Georgius 3:37, 5:24
agriculture 1:*16–17*, 18, 28–9, 40, 50, 3:17, 4:3
Agrippa, Marcus 2:20, *21*, 23
AIDS 9:39, 47; 10:6, 7, 24, 31, 47, 49
Aiken, Howard 8:38, 44
air 4:34, 5:7; 7:23
air-flow, speed of 4:31
airliners 7:35; 8:23
Airbus 10:14, 43, *43*
boeing 10:43
Concorde 10:14, 20
jet 8:43, 9:8, *8*, 26, 32
Jumbo jets 9:26, 32
supersonic 9:26, *26*, 33, 40
turboprop 8:43
airplanes 7:28–9, 7:34, 8:23, 27; 10:20, 42
biplanes 7:28, 29
fighters 8:26, 27, 49, 9:9, 10:21
gasoline-engined 7:29
jet 8:34, 35, *35*, 9:8
pedal-powered 9:41, *41*
rocket-powered
interceptors 8:38, *38*, 49
seaplanes 7:31
airplanes (cont.)
solar-powered 10:8, *9*, 35
Stealth fighter 10:20, *20*
steam-powered 6:10, *11*, 27, 50; 7:11, 15, 29
vertical take-off and landing 9:14, *14*, 26, *26*; 10:20
see also flights; flying boats
air pump, *see* vacuum pump
airships 7:24–5; 43, 8:14, 18
dirigibles 6:15
nonrigid 7:*22*
rigid 7:19, 24
air-speed indicator 4:31
airspeed record 10:42
Airy, George 6:15
Akio Morita 8:39
Albert, Prince 6:16
Albert, Abraham 8:34
Alberti, Leon 3:26
alchemy 2:29, 30, 41, 51; 3:48
Alcmaeon 2:6, 46*
Alcock, George 9:25
Alcock, John 7:43, *43*
alcohol 1:19; 2:20, 41
Alder, Kurt 8:15
Aldrin, Edwin (Buzz) 9:27, 42
Alembert, Jean d' 4:35
alembic 2:*41*
Alexander the Great 1:48, 51; 2:10, 19, 26
alfalfa (lucerne) 1:34
Alfvén, Hannes 8:35
algebra 2:21, 34, 39, 40, 47, 3:7, 10, 30, 50, 4:42, 8:7, 18, 34
algorithm 2:39, 40; 3:10
al-Hakim Mosque 3:6
Alhazen 3:6, 46*
alizarin 6:27
alkaloids 3:44
alkanes (paraffins) 6:11
alkyl groups 6:38
alleles 6:20–1
Allen, Bryan 9:41, *41*
Allen, John 6:15
Allen, Paul 9:40; 10:8, 43, 47
Allen, Zachariah 5:30
allopurinol 9:47
alloys 1:39; 2:6; 7:38
Allwork, Matthew 10:42
alpaca, domestication 1:50
alphabets 1:24, *25*, *35*, 41, 51
alpha particles 7:14, *15*, 23, 27, 50, 8:8, *8*, 48
Alpher, Ralph 8:42, 48
Alpini, Prospero 3:42
Alter, David 6:15
alternator, polyphase 7:51
altimeter 4:16, 51
alum 3:26, 6:10
aluminum 5:31, 7:6, 24
Alvarez, Luis 8:38, 10:6, 46*
Alvarez, Walter 10:6, 46
Amazon River 3:31
Ambartsumian, Viktor 8:42
americium 8:39
Amici, Giovanni 6:11
amino acids 5:19; 6:51, 7:15, 22, 27; 8:26, 9:7, 12, 13, 24, 50
Ammanati, Bartolomeo 3:37
ammonia 4:43, 50, 5:11, 36, 6:35, 7:31, 40, 48
ammonia gas 3:17
ammonium chloride 2:38
ammonium perchlorate 10:38
Amontons, Guillaume 4:19
Ampère, André 5:30, 46*
Amundsen, Roald 8:14
analytical engine 5:30, *30*, 38; 8:44
anaphylaxis 7:22
anatomy 3:17
animals 2:6, 46
humans 2:7; 3:32, 36, *36*
Anaxagoras 2:6, 46*
Anaximander of Miletus 2:6, 46*
anchors 1:26, 48
Anderson, Carl 8:9, 22, 27
Andreessen, Mark 10:45
Andrews, Lester 10:39
Andrews, Roy 7:39, *39*
Andrews, Thomas 6:18, 30
androsterone 8:18
Anel, Dominique 4:26
anemia 4:14; 8:10
anemometer 4:14, 48
anesthesia 6:11; 8:35, 39, 7:6
see also chloroform; cocaine, ether, nitrous oxide
angiogenesis factor 9:19
angiography 8:15
Angström, Anders 6:22
aniline dyes 6:18, 51
animals 5:30, 49, 7:38
anatomy 2:6, 46
classification 2:7, 10–11
dissections on 2:46, 48
domestication 1:22–3
Ankitzen, Konstantin 3:25
Anning, Mary 5:23, 28, 30
anthrax 6:23, 49, 51
antibiotics 8:15, 20–1, 30, 34, 42
anticoagulants 7:42
antihistamines 8:27
antihydrogen 10:30
antimatter 8:9, 14; 10:30
antiproton 9:12, 51
antiseptics 6:49; 7:34
Apgar, Virginia 9:6
Apianus, Petrus 3:36
Apollo space program 9:42–3
Apollonius of Perga 2:14, 34, 46*
appendicitis 3:36; 7:6
Appert, Nicholas 5:22
Appleby, John 5:17
Appleton, Edward 8:10, 39
aqualung 8:35
Aquapendente, Hieronymus Fabricius ab 3:43
aqueducts 1:46; 2:21, *21*, 48
Aqua Appia 2:7
Aqua Virgo 2:20; 3:26
Delaware Aqueduct 8:38
Nineveh 2:6, 51
Pont du Gard 2:23, *23*
Roman 2:21, 22–3
Arabia, science 2:38–9
Arabs 1:46*
Arago, Dominique 5:31
Aramonte y Simoni, Aristides 7:19
Arber, Werner 9:11, 25
arc furnace, electric 7:11, 49
Archer, Frederick 5:43
arches 1:19, 27, *27*; 2:*21*, 28; 6:22
Archimedes 2:14, 16–17, 26, 27, 34, 3:17, 4:28, *29*
arc welder 7:43
Ardipithecus ramidus 10:24
areas, calculation of 2:20
Arend, Sylvain 9:13
Aretaeus of Cappadocia 2:21
Arfwedson, Johan 5:27
Argand, François Pierre 5:7
Argand, Jean-Robert 5:19
Argelander, Friedrich 6:23
argon 7:14, 51
Aristarchus of Samos 2:46*; 3:41, *41*
Aristotle 2:7, 10–11, *28*, 29, 48, 50, 51; 3:12, 20, 21, 32, 40, 46, 47, 50, 51, 4:8, 9, 9
arithmetic 1:24; 3:7
Arkwright, Richard 4:42; 5:12
Armati, Salvino degli 3:16
Armbruster, Peter 9:17; 10:6, 12
armillary rings 2:15
armillary sphere 3:16, *16*, 51
armor, tinplate 3:16
Armstrong, Edwin 7:13, 42
Armstrong, Neil 9:27, 42
aromatic hydrocarbons 6:30
arquebus 3:24, 25
Arrhenius, Svante 6:43; 7:11, 15; 10:36
arrowheads, stone 1:11
arrows, ballistic fire 3:6
arsenic 3:16, 46; 5:42
Arsonval, Jacques d' 7:26
arsphenamine 7:36–7
arthritis 5:38
arthroplasty 7:26
artificial insemination 5:7
artificial intelligence 8:50
artificial limbs 3:36, *37*
artificial silk (rayon) 7:11, 8:24
artillery 2:26–7; 3:15
Aryabhata 2:29
ASCII code 9:21
Asclepiades of Bithynia 2:15, 46–7*
Asclepius 1:31, *31*, 49
ascorbic acid 8:22, 23
asparagine 5:19
Aspdin, Joseph 5:31
aspirin 6:19; 7:36, *36*, 37
Assyrians 1:46*, 50
astatine 8:31; 9:16, 51
Astbury, William 8:14
asteroids 5:18, 22, 50; 8:7, 22, 30, 43, 46; 9:7, 39; 10:7, 18, 19, 24, 25, 31, 38
discovery of 7:11, 19, 27, 50
moons 10:26, 30, 38
space probes 10:26, 34, 38, 42
astigmatism 5:18
Aston, Francis 7:17, 42; 8:6, 46*
astrolabe 2:14, *14*, 40; 3:6, 7, 21, 51
astrological almanac 4:48
astronomical instruments, Arab 2:*40*
astronomical tables 3:7, 17, 28; 4:42
astronomy 2:30, *31*; 38
astrophysics 10:50
Atanasoff, John 8:31, 35, 44
ataxia, locomotor 6:19
atlases 3:36, 50
atmospheric engines 4:22, 26, 44, *45*, 49, 50, 51
atmospheric pressure 4:10, 16–17, 42, 50, 51
atom, model of 7:23, *23*, 35, 50
atom bomb 8:35, 39, 40, 47
atomic number 6:32
atomic pile 8:40, 47
atomic structure 7:6, 14, *15*, 16, 17, 46, 50
nucleus 7:31, *31*, 46, 50; 8:8, 27, 43, 9:6
atomic theory 5:19, *19*, 46, 47
atomic weights 5:27, 6:19, 26
atoxyl 7:27
Atwood, George 5:10
Audemars, Georges 8:24
audio cassette tapes 9:21
audio tape, digital system 10:15
Audubon, John James 5:34, *35*, 46*
Auenbrugger, Leopold 4:38
Auer von Welsbach, Karl 7:6, 27, 46*
Auger, Pierre 8:11
Aulenback, Kevin 10:13
aurora borealis 4:40, 46; 10:26
Australopithecus 8:11, *11*
A. afarensis 9:31, *31*, 49; 10:12
A. boisei 9:49
autogyro 8:10, *10*
automobiles, *see* cars
Auzout, Adrien 4:7
Avenzoar 3:7
Avery, Oswald 8:38
avian influenza (bird flu) 10:31, 38
Avicenna 3:6, 7, 12, 26, *27*, 46*
Avogadro, Amedeo 5:23; 7:30
axes, stone 1:10, 26, 51
axles 1:20, 26, 35, 3:21
Ayurveda 2:15
azathioprine 9:47
azidothymidine (AZT) 9:47
azo dyes 6:22
azurite 1:38

B

Baade, Walter 8:7, *23*, *23*, 38, 43, 46*; 9:6
Babbage, Charles 5:30, 38, 8:44
Babcock, Harold 7:30; 8:42
Babcock, Horace 8:42
Babo, Clemens von 6:11
Babylonians 1:46–7*, 50
Bacthoffner, George 6:*14*
bacilli 7:18
backstaff 4:36, *36*
Backus, John 9:14, 10:11
Bacon, Francis 3:19, 43, 45, 46*; 9:15
Bacon, Roger 3:13, 16, *25*, 46*
bacteria 4:18, 6:40, *41*, 43; 7:30, 39, 10:6, 6, 7
staining 6:38
bacteriology 6:49
bacteriophages 7:38, 8:34
Baden Powell, Baden 7:28
Baekeland, Leo 7:27
Baer, Karl von 5:34, 42
Baeyer, Adolph von 6:31, 39, *39*; 7:7
Bailey, Donald 8:34
Baily, Francis 5:42, *42*, 6:36
Baird, John Logie 8:11, 12, *12*
Bakelite 7:27
Baker, David 10:42
Bakewell, Robert 4:38, *38*
balance, sense of 5:34, *34*
Balard, Antoine 5:34
Balboa, Vasco 3:31
Ballard, Robert 10:14
ballista 2:26, *26*
ballistite 6:50
balloons 9:20; 10:15, 21, 35, 46
high-altitude 6:30
hot-air 1:48, 4:26, *26*, 5:7, *7*, *10*, 14, 49, 7:34, *34*, 10:35
hydrogen-filled 5:7, 50
Balmer, Johann 7:6, 46*
Baltimore, David 9:30
Baluchitherium 10:31
Banach, Stefan 8:10
Bang, Bernhard 6:40; 7:18
Banting, Frederick 8:6, 46*
Bardeen, John 8:42; 9:36, 46*, 47, 51
barges 1:26, 40, 49
barium 4:51; 7:18
Barkhausen, Heinrich 7:42
barley 1:10
Barnack, Oskar 7:38
Barnard, Christiaan 9:24, 46*
Barnard, Edward 7:10, 11, 39
Barnes, Charles 7:44
barometers 4:16–17, 22, 42, 47
mercury 4:10, 16, *17*, 50, 51, 5:15
Barr, Murray 8:43
Bartholin, Erasmus 4:15
Bartholin, Kaspar, Jr 4:23
Bartlett, Neil 9:18
Barton, Otis 8:19
Bartram, John 4:30, *30*
Bary, Heinrich de 6:27
basket weaving 1:11, *11*, 13
Basov, Nikolai 9:7, 28
Bates, Henry 6:23
Bateson, William 7:26
bathrooms 1:35
baths 2:*18–19*
bathyscaphe 8:43, 9:20
bathysphere 8:19
al-Battani, Abu-Abdullah Muhammad ibn-Jabir (Albategnius) 2:39, 41, 47*
batteries 5:18, *18*, 42, 6:19, 47, 48, 7:8–9, *8*, *9*, 19, 30; 10:34
battering rams 1:35
Baudot, Jean-Maurice 6:34
Bauer, Wilhelm 6:28
Bauhin, Gaspard 3:43
Baumann, Eugen 6:31
Baumé, Antoine 4:42
Baumgartner, Felix 10:42
Bay, Zoltán 8:39
Baylis, Trevor 10:21
Bayliss, William 7:22
Bayt al-Hikma (House of Wisdom) 2:38, 39, 40
Beadle, George 8:34
Beagle, HMS, voyage of 5:42, 44–5, *45*
beam balance 1:18
beam engines 4:44
beam press 1:40
Beaufort, Francis 5:19, *19*

Dortmund-Ems 7:19
Erie 5:20, *20*
Forth and Clyde 4:51
Gotha (Göta) 5:38
Grand Junction 5:*21*
irrigation 3:12
Nile–Red Sea 1:40, 49, 2:15
Orleans Canal 4:22
Panama 7:38, 40–1; 8:6
St. Lawrence Seaway 9:15
Sankey Brook Navigation 4:38; 5:20
Suez 6:30, *30*
canals (cont.)
Sumerian 1:51
Tigris–Euphrates 10:26
cancer 6:31; 7:22, 31, 39, 8:11, 15, 23, 34; 9:6, 25; 10:13, 24
cancer cells 6:*18*, 8:10
Candolle, Augustin de 5:23
cannabis 1:46
Cannizzaro, Stanislao 6:14, 19
Cannon, Annie 7:22, 32
Cannon, Walter 7:18, 8:22
cannonballs, cast iron 3:30
cannon boring machine 4:43
cannons 3:20, *24*, *25*, 27 7:44
arrow-firing 3:20
boring machine 3:36
breech-loading 3:27; 5:23
Cano, Juan del 3:*30*, *39*, 49
canoes 1:19, 36
Canton, John 4:39
Cantor, Georg 6:35
capillary action 3:30; 4:26, *26*
caravels 1:36; 3:26, 34, 38
carbon 6:19
carbon-14 8:31, 38
carbon atoms 6:35
carbon dioxide (CO_2) 4:*15*, 48, 49, 50; 5:18, 46, 6:30; 10:18, 36–7
carbon fibers 9:21
carbon monoxide 4:50
carbon nanotubes 10:19
carbon suboxide 7:27
carbon tetrachloride (tetrachloromethane) 7:31
Carborundum (silicon carbide) 7:11
carburetors 6:44
Cardan, Jerome 2:14
carding machine 4:34
Carlisle, Anthony 5:18
Carlson, Chester 8:27, 46*
Carnot, Nicolas 5:31
Carnot, Sadi 6:51
carotene 8 19
Carothers, Wallace 8:19, 24, *24*
carpet sweeper 6:35, 35
Carpue, Joseph 5:26
carracks 3:34–5
Carrel, Alexis 7 22, 31, 39
carriages
steam powered 4:42, *42*; 7:20
wind-powered 2:34
Carrington, Richard 6:19
cars 6:46; 7:6, 20–1, 30, 34
amphibious 10:42
Austin Mini 9:15, *15*
computerized engine management 10:9
four wheel drive 10:8
front wheel drive 8:23
fuel-cell powered 10:34
fuel efficient 10:21, 26
gasoline engines 7:7, 20–1
gas turbine 9:8
mass production 7:21, 47
buffer solutions 7:23
Buffon, Georges de 5:49
buildings
cast iron 6:10
CN Tower 9:33
Petronas Twin Towers 9:*33*, *33*; 10:34, *34*
Sears Tower 9:33, *33*
buildings (cont.)
tallest 10:34, *34*, 35
World Trade Center 9:32
Bullock, William 6:26
Bunsen, Robert 6:14, *14*, 22, *22*, 47*, 47; 7:9, 46
Burdin, Claude 5:34; 6:12
Burgi, Joost 3:34
Burgundo of Pisa 3:12
Buridan, Jean 3:20, 47*
burimamide 9:46
Burkitt, Denis 9:13
Burroughs, William 8:44
Burton, William 7:35
Bush, Vannevar 8:19, 44
Bushnell, David 5 6, 6:28, *28*
Bushnell, Nolan 9:33
Busignies, Henri Gaston 8:34
Butenandt, Adolf 8:18, 23
Butlerov, Aleksandr 6:26
Butterick, Ebenezer 6:23
Butterick, Ellen 6:23

C

cable car 6:27
cables
fiber-optic 10:15, 27
submarine 9:20
Cabot, John 3:30, *39*
Cabot, Sebastian 3:30
Cabral, Gonzalo 3:26
Cabral, Pedro 3:31, *39*, 48
cacao 2:6
cadmium 5:27
Caesar, Julius 2:15, *15*, 20
caffeine 3:44, 5:30
calciferol 8:7
calculating machines 3:43; 4:6, *6*, 49, 50
calculators
electronic 8:31, 35, 38, 43
pocket 9:32; 10:51
calculus 3:20, 4:20, 49; 7:11, 27
calendars 1:19, 26, 27, 41, 42–3, 46, 47, 48, 51, 2:20, 24, 25, 30, 34; 3:6, 40
Calendar, Guy Stewart 10:36
Caley (Cawley), John 4:49
Callinicus 2:*27*, 34, 47*
Calmette, Albert 7:26
Calne, Roy 10:13
calorimeter 6:47
Calvin, Melvin 8:38, 9:13, 47*
camels, Bactrian, 1:22, *26*, 27, 46
camera lucida 5:23
camera obscura 5:32, *33*
Camerarius, Rudolf 4:23, *23*
cameras 5:33; 7:38, *38*, 8:34, 42; 10:14, 15, 42
motion picture 7:10, 14, *14*
zoom lenses 9:15
Campani, Guiseppe 4:14
Campanus, Johannes 3:30
Campbell, John 4:34, 37
Campbell Swinton, Alan 8:12 13
camphor 7:14, 23
Campillo, Don Francisco Salvá i 6:24
canals 1:35, 2:51; 4:46, 5:20–1
Assyrian 1:46
Baltic North seas 3:20
Bridgewater 4:*38*–9, 39, 46; 5:20, *20*
Canal du Midi 4:22
Corinth 7:14
Breguet, Louis 7:27, 8:28
Brennan, Louis 7:30
Brenner, Sydney 9:24, 10:40
Brentano, Franz 6:34
Breuer, Josef 6:34
Breughel, Pieter 3:*37*
Brewster, David 5:26
bricks 1:11, 18, 35, 50, 51
bridges 2:*21*; 3:14–15; 4:27, 43
arch 1:41, 3:37, 6:34
Avignon 3:12, 15
Bailey bridge 8:34
Bendorf 9:21
cable 3:17
cable-stayed 10:15, 21, 27
cantilever 6:27
cast iron 4:*32*, 33, 46
Chesapeake Bay 9:*20*, 21
Delaware River 8:14
floating 9:41
Golden Gate 8:27
Great Stone Bridge 2:34
Hell Gate Bridge 7:42
London Bridge 3:12, *12*, 15; 9:32
Manhattan Bridge 7:31, *31*
Marco Polo, China 3:12
New River Gorge 9:40
Pont de Neuilly 4:43
Ponte Vecchio 3:20
pontoon 2:6
Quebec 7:42
suspension 2:28, 6:6, 7, 46, 10:8, 34
Sydney Harbor 8:22, *22*
Tacoma Narrows 8:31
trestle 2:15, *15*
tubular 6:14
Verrazano-Narrows 9:21
wrought-iron 6:46
Bridgman, Percy 9:12
Briggs, Henry 3:10, 43, 47*, 50
Briggs, Robert 10:32
Bright, Charles 6:18
Bright, Timothy 3:42
Brindley, James 4:39, 46*; 5:20
Bris, Jean Marie Le 7:28
Broca, Paul 6:22
Broglie, Louis de 4:29; 8:10, 46–7*, 50
bromine 5:34
Bronsted, Johannes 8:10
bronze 1:26, 35, 38, *38*, 39, 48
bells 1:41, *41*, 48, 2:31, 35
Brooke, George 3:49
Brown, Arthur 7:43, *43*
Brown, Michael 10:39
Brown, Robert 5:34, 35, 38, 7:47
Browne, Thomas 4:10
Browning, John 7:45
Brownrigg, William 4 34
Bruce, David 7:14
Bruce, Moira 10:30
Brunel, Isambard 6:*8*–9, 9, 10, 19, 46–7*
Brunel, Marc 5:19, 26; 6:7, 46
Brunelleschi, Filippo 3:21, *21*
Brunfels, Otto 3:36
Bruno, Giordano 3:42, 47*
Brush, Charles 3:9
Brusly, Adolphe de 7:40
BSE (bovine spongiform encephalopathy) 10:7, 13, 19, 30, 50
bubonic plague 2:34, 7:19
Buchner, Eduard 7:15, 23
Buchner, Johann 7:36
buckeyballs 10:12, 22, 24
buckminsterfullerene 10:12, 22, *24*
buckwheat 3:12
du 6:7
Bollee, Amedee 6:34, 7:20, *20*
bolometer 6:42
Boltzmann, Ludwig 6:39
Bolyai, Janos 5:34
Bombardier, J. Armand 9:14
Bond, George 6:11, 49
Bond, William 5:43, 6:11, 14, 49
Bondi, Hermann 8:42
Bonner, James 9:18
Bonnet, Charles 4:35
Bonrepos, Pierre Paul Riquet de 4:22
bookkeeping 3:10, 30
books 2:24, 41, *43*; 3:27, 28, 47
see also chemistry; mathematics; medical/surgical books
Boole, George 6:15
Boot, Henry 8:31, 33
Booth, Hubert 7 22, *22*
Bopp, Thomas 10:30, *30*
Borel, Jean François 9:31
Borghesano of Bologna 3:17
boric (boracic) acid 4:22
boring machine 5:6
Born, Max 7:42, 8:49
boron 7:31
Bosch, Carl 7:30, *30*, 48
Bose-Einstein condensates 10:25, 30
bosons 9:19, 10:7, 25, 51
botanical gardens 3:20, 4:30, *30*
botany 2:48, 51; 3:36
Bothe, Walther 8:8, 18
Böttger, Johann 4:26
Bouguer, Pierre 4:31
Boule, Marcellin 7:30
Boulsover, Thomas 4 34
Boulton, Matthew 5:8
Bourbaki, Nicolas 8 30
Bourgeois, Simon 6:23, 28
Boussingault, Jean 5:39, 6:6
Bouvard, Alexis 5:30
Boveri, Theodor 7:7
Bovet, Daniel 8:27
Bowditch, Nathaniel 5:22
bows and arrows 1:11, 2:40
Boxer, Edward 6:26
Boyden, Uriah 6:12, 13
Boyer, Herbert 9:11, 31
Boyle, Robert 4:14, *14*, 17, 18, 46*, 47
Boyle, Willard 9:27
Boylston, Zabdiel 4:30
Bradley, Albert 10:26
Bradley, James 4:30, 35, 39
Bradwardine, Thomas 3:20
Brahe, Tycho 3:37, *37*, 42, 46–7*, 49; 4:48
Brahmagupta 2:34, 47*
Braille, Louis 5:35
brain 4:7, 6:22, 39; 8:10, 15
Bramah, Joseph 5:6, 14, 46*
Branca, Giovanni 4:6
Brand, Hennig 4:15
Brandenburger, Jacques 7:27
Brandt, Georg 4:34
Branly, Edouard 7:12, *13*, 49
Branson, Richard 10:15, 21, 46*
Brattain, Walter 8:42; 9:36, 46–7*, 51
Braun, Ferdinand 7:18, *22*, 34, 8:*13*, 9:36
Braun, Wernher von 8:17, 35, 36–7
Bravais, Auguste 6:14
Bredt, Julius 7:14
breeding, selective 4:38, *38*
Breguet, Jacques 8:28
Binet, Alfred 7:26
Binnig, Gerd 10:8, 14, 46*, 50
binomial theorem 4:15
biogenesis 5:42
biogun 10:27
biology 5:18
biomes 8:30
Bion, Nicolas 4:30
Biot, Jean Baptiste 5:18, 27
biotin 8:35
bipolar disorder 9:31
birds 5:34, *35*, 46
Galapagos finches 5:*44*
Birdseye, Clarence 8:19
biremes 1:36, 51; 2:6
Biringuccio, Vannoccio 3:36
Biró, Laszlo 8:30
Bi Sheng 3:6, *6*, 28
Bishop, J. Michael 9:38
Bismarck (steamship) 7:38
Bissell, Melville 6:35, *35*
bitumen 1:34
Black, Davidson 8:14
Black, Harold 8:15
Black, James 9:19, 31, 46*
Black, Joseph 4:39; 5:8, 18
Black, S. Duncan 7:42
black box flight recorder 9:14
Blackett, Patrick 8:8, 9
black holes 5:7; 7:42, 9:25, *25*; 10:47 8, 50
Blackman, Frederick 7:15
Blagden, Charles 5:11
Blaiberg, Philip 9:46
Blalock, Alfred 8:38
Blanchard, Jean-Pierre 5:10, 14
Blanquart Evrard, Louis Désiré 5:33
blast furnaces 2:35, 40, 3:20; 4:32, *32*, 46, 6:18
bleaching powder 5:15
Blenkinsop, John 5:23
Blériot, Louis 7:30, *30*
Blickensderfer, George 7:11
Bloch, Felix 8:39, *39*
Blodgett, Katherine 8:30
blood
circulation 3:16; 4:6, *6*, 47
factors 8:14, 31, 48
groups 7:19; 8:48
blood cells 4:10, 49, 7:22, 8:11
blood-letting 2:49; 3:7
blood transfusion 4:14
blood vessels
capillaries 4:10, 11, 47, 49
suturing 7:22
Blout, Elkan 9 19
blowpipes 2:15; 5.18
Blumlein, Alan 8 23
boat building 1:19, 48
boats 1:19, 40
canal 7:23, 5 20
dugout 1:11, 13, 36
early 1:36–7
iron hulled 5:11
outboard motor 7:30
paddleboats 1:48, 4:22
steam turbine 7:18
see also barges; paddleboats, ships, steamboats
Bobbs, John 6:27
Bode, Johann 4:43
Bodmer, Johann 5:23
Boerhaave, Hermann 4:30
Boethius (Anicius Manlius Severinus) 2:29
Bogardus, James 6:10
Bohr, Aage 7:46
Bohr, Niels 7:35, 46*, 50; 8:27, 40, 49, 51
Boisbaudran, Paul Lecoq de 6:32, 39; 7:6
Bois Reymond, Emil
Beaumont, Frederick 5:41
Beaumont, William 5:39
Becher, Johann 4:15, 22, 51
Becklin, Eric 9:25
Beckwith, Jonathan 9:11, 25
Becquerel, Alexandre 5:42
Becquerel, Henri 7:14, 19
Beddoes, Thomas 5:15
Bednorz, Georg 10:13, 22, 46*, 49
Beebe, William 8:19
beer, brewing 1:11, 40, 51
bees 1:50, 7:43, *43*
behavioral conditioning 7:43
Behring, Emil von 7:10, 35
Beijerinck, Martinus 6 41, 7:18
Békésy, Georg von 9:18, 46*
Bel, Joseph le 6:35
Belidor Bernard Forest de 4:31
Belisarius 2:34
Bell, Alexander Graham 6:34, *34*, 46*, 48; 7:27
Bell, Charles 5:23; 6:*7*
Bell, Henry 6:9, *9*
Bell, John 9:19
Bell, Patrick 5:16
Bell Burnell, Jocelyn 9:*24*, 25, 46*
Bellingham, James 10:26
bellows 1:35; 3:17, *17*
bells, bronze 1:41, *41*, 48, 2:31,35
belt drives 3:26
Bendix, Vincent 7:34
Benesch, Alfred 7:38
Benezet, Saint 3:15
Bennett, Jean 10 19
Bennett, John 6 10
Bennett, William 10:19
Benz, Karl 6:44, *45*, 46*; 7:6, 20, 20–1, *20*
benzene 5 31, 36, 6:26, 7:47, 8:18, 19; 10:20
Berg, Paul 9:31
Berger, Hans 8:10
Bergius, Friedrich 7:35
beriberi 7:15, 34
Berkeley, Miles 6:10
berkelium 8:43; 9:51
Berliner, Emile 7:7
Bernard, Claude 6:10, 15, 18
Berners Lee, Tim 10:11, 21, 44
Bernoulli, Daniel 4:35
Berry, Albert 7:34
Berry, Henry 4:38, 5:20
Berson, Solomon 9:6
Bersten, Bruce 10:39
Bert, Paul 6:38, *38*
Berthollet, Claude Louis 5 11
Bertillon, Alphonse 6:42
beryllium 5:15; 8:31
Berzelius, Jöns 5 22, 27, 31, 35, 43, 46*, 6:33
Bessel, Friedrich 5:31, 43
Bessemer, Henry 5:*25*; 6:18
Best, Charles 8:46
beta blockers 9:19, *19*, 46
beta particles 7:14, *15*, 19
beta radiation 8:9
beta rays 7:38
Bethe, Hans 8:30, 42, 48
Bevan, Edward 7:11, 8:24
Bevis, John 4:30
Bhattacharyya, J 10:12
bicycles 5:43; 6:23, 39; 9:14
hobby horse 5.27, *27*
penny farthing 6.31, *31*
Biela, Wilhelm von 5:35
big bang theory 8:14, 42, 48, 48–9; 9:19; 10:6, 47
bile acids 7:34
bilirubin 8:38
Billroth, Theodore 6:31
binary arithmetic 4:19, 49

10:14, 21, 46–7*
Cremona, Luigi 6:31
Crescas Hasdai ben Abraham 3:21
Creutzfeldt-Jakob disease (CJD) 10:7, 30, 50
Crick, Francis 9:6, 10–11, *10*, 24; 10:40, 51
criminals, identification of 6:42
Cristofori, Bartolomeo 4:30
Cro-Magnon people 1:12, 6:27
Crompton, Samuel 5:6, 12
Cronstedt, Axel 4:38
Crookes, William 6:22, *22*, 47*; 7:16
Cros, Charles 6:38
Cross, Charles 7:11, 8:24
crossbows 2:*31*; 3:17
cross-staff 3:20, 4:36, *36*
crown ethers 9:19
crude oil 7:19
cryptography 3:20, 30
crystal dislocations 8:23
crystal lattice structure 6:14; 7:42; 9:13, 49
Crystal Palace
London 6:14, 16, 17, *17*
New York 6:*16*
crystals 4:43; 5:7; 9:7
Ctesibius of Alexandria 2:15, 47*
Cubitt, William 3:9
Cugnot, Nicolas-Joseph 4:42, *42*; 7:20
Cuicuilco 2:12
cuneiform writing 1:24, 26, 46, 51; 2:32
curare 4:34, 6:18, 8:39
Curie, Marie 7:18, *18*; 8:50
Curie, Pierre 6:39, 7:18, *18*
curium 8:39, 9:51
Curl, Robert 10:12
Curtis, Charles 7:15
Cuvier, Georges 5:19, 28, 31
cyanoacrylate 9:8
cyanocobalamin 8:43, 9:12, 30, 48, 51
cybernetics 8:42
cyclamates 8:27, 9:25
cyclohexane 8:19
cyclonite 7:19
cyclosporin 10:7
cyclosporin A 9:31
cyclotron 8:22, 9:16, *16*, 51
cylinder-boring machine 4:42
cystic fibrosis 10:24
cytochrome 8:11

D

Dacron 8:24, *25*, 34
dagger blades, iron 1:35, 38
Daguerre, Louis 5:32, *32*, 43; 6:36
daguerreotypes 6:6, 36
Daimler, Gottlieb 6:44, 46; 7:6, 7, 20, *20*
Dale, Henry 7:30, 34, 38, 8:6
Dalen, Nils 8:7
Dalton, John 5:14, 18, 19, *19*, 46, 47*, 6:48
Dam, Henrik 8:23
dams 10:9
Assyrian 1:46
Aswan 7:23; 9:26, *27*
Boulder 8:26, *26*
Garawi River 1:26, 48
Kariba 9:14
Nurek 10:8
Orontes River Valley 1:40
Daniell, John 5:42; 7:8
Darby, Abraham 4:26, 32, 46*; 5:24
Darby, Abraham II 4:32–3, 46
Darby, Abraham III 4:*32*,
supercomputers 9:21, 41; 10:14, *14*, 46
transistor 9:14
UNIVAC 8:45, *45*, 9:8, 47, 49; 10:46
word processing programs 10:10
see also personal computers
computer viruses 10:34, 35, 42
concrete 2:15, 22; 6:11, 7:11
Condamine, Charles Marie de la 4:34
condenser, electrical 4:35, *35*, 40
conditioned reflex 7:23, *23*, 49, 50
conductors, electrical 4:30
Congreve, William 5:19, 8:16
conic sections 2:14, 46, 48, 4:51
conservation of energy 6:6, 11, 48, 49, 51
construction principles 4:31
Conté, Nicolas 5:14
contraceptives 9:9
conveyor belt 5:22
Cook, James 4:42, 5:6, *7*
Cooke, William 5:42, 50; 6:25
Coolidge, William 7:30, 35
Cooper, Gordon 9:*21*
Cooper, Leon 9:13, 46
Cooper, Peter 5:24, *24*, 35
Coover, Harry 9:8
Copernicus, Nicolaus 2:46, 50, 3:26, 31, 36, 40–1, *42*, 47, 50; 4:8
copper 1:19, 35, 38, 50; 2:40; 7:*16*
copper arsenide 4:51
copper ore 1:26
Copus, Jonathan 10:27
coracles 1:36, *36*
corals 4:26
cordite 7:10, 47
Córdoba, Gonzalo de 3:31
Coriolis, Gustave 5:39
Cormack, Allan 9:21
Cornell, Eric 10:25, 30
Cornell, Ezra 5:50
Corning, James 7:6
corn (maize) 1:17, 18, 50, 3:31, 44; 9:49
Cornu, Paul 8:28
Correns, Karl 6:21
cortisone 8:42; 9:51
cosmic radiation 7:34, 8:10, 18, 19, 9:19; 10:24, 46, 50–1
cosmological constant 7:42
cosmology 10:18, 47
Coster, Salomon 3:22, 4:12, 48
cotton 1:18, 27; 5:10
Cotton, Frank 9:19
cotton gin 5:14, *14*, 51
Cottrell, Frederick 7:43
Cotzias, George 9:24
Coulomb, Charles 5:6, 11
Coulson, Charles 8:22
counting boards 1:48, 2:7, *32*, 32–3
Courtois, Bernard 5:23
Cousteau, Jacques 8:35
covalent chemical bond 7:38, *39*
Cowan, Clyde 9:12
Cowper, Edward 4:33, 6:18
Cowper, William 4:23
Crabtree, William 4:6
Crafts, James 6:38
Craig, Lyman 9:18
Crampton, Thomas 6:7
cranks 2:28, 40
Cray, Seymour 9:21, 41;
coffee 2:40, 3:21, 8:27
coffee machines 8:30
Coggia, Jérôme 6:35
Cohen, Stanley 9:11, 31
coherer 7:12, 49
Cohnheim, Julius 6:27
coins 1:41, 48; 3:37
Colbert, Edwin 9:30
Cole, Humphrey 3:37
Colechurch, Peter de 3:12
Collier, Elisha 5:41
Collinge, John 10:30
Collins, Eileen 10:35, *35*
Collins, Michael 9:27, 42
Collins, S.A. 10:6
Collip, James 8:46
collodion 5:33
colloids 6:23
color blindness 5:14, 47; 6:21
Colosseum 2:20, *20*, *21*
Colt, Samuel 5:39, *40*, 41, 47*, 51, 6:16–17
Columbus, Christopher 3:18, 26, 27, 30, 31, 34, 38, *38*, *39*, 45, 47*
column chromatography 9:6
combine harvesters/threshers 5:*16–17*, 17, 38
combustion, phlogiston theory 4:15, 22, 48–9, 50, 51
combustion engine, external 5:26
comets 1:34, 47, 2:34, 3:47; 4:35, 42, 47, 9:13, 50; 10:14, 25, *25*, 28, 30, *30*, 38
collision with Earth 7:31, *31*
discovery of 5:10, 26, 35, 49; 6:7, 18, *22*, *23*, 35, 43; 7:26, 8:14, 9:24–30, 10:24, 30
Halley's 2:14; 3:7, 27, 4:19, 39, 47, 10:13, 14, 15
Lexell's 4:42
comets (cont.)
nucleus 8:43, *43*
orbits 5:7, 50
photographs of 6:18, 42
red 2:20
short period 4:42
space probes 10:14, 26, 35, *39*
sungrazers 7:7
compact discs 9:41; 10:9, *20*
compass 2:28, 30, *45*, 3:7, 4:36
magnetic 3:6, 12, 18–19, 50
complex numbers 4:35
compression-ignition engine 6:44–5
Compton, Arthur 7:50; 8:7, 10, 47*, 49; 10:46
computer mouse 9:27
computers 8:44–5, 50, 9:8
analog 8:19
bubble memory 9:27
Colossus 8:35, *35*
digital 8:30, 34
EDVAC 9:47, 49
ENIAC 8:39, 44, *45*; 9:47, 49; 10:10
floppy disks 9:8, 32
hard disk drives 10:*11*
MADAM 8:50
magnetic core memory 9:9
memory devices 8:39, 43
mini computers 9:20, 26
operating systems 9:41, 10:8, 9, 10–11, 14, 21, 47
optical programmable 10:27
programming languages, compilers 9:9, 14, 21, 32; 10:10, 11, 14, 15, 27
software 10:9, 10
stored-program 8:43, *44*, 45
Chu, Ching-Wu 10:13, 22
Chuquet, Nicolas 3:30
Church, Alonzo 8:26
Church, William 5:30
churches 3:20; 10:21
Chu Yu 3:7, 18
Cibelli, Jose 10:33
Cierva, Juan de la 8:10, *10*
cimetidine 9:31, 46
circumnavigation of the world
by air 10:15, *15*, 35, 43, 46
by sea 3:*30–1*, 31, 38, 42, 48, 49; 7:18; 10:42
citric acid 4:51, 8:27
Clairaut, Alexis 4:35
clarinet 4:19
Clark, Alvan 7:38
Clark, Josiah 7:9
clasp locker 7:14
Claude, Albert 8:34
Claude, Georges 7:23, 31
Claudius Caecus, Appius 2:7, 22
Clausius, Rudolf 6:14, 26
clay, fired 1:11, *11*, *18*
Clay, Henry 4:43
clay tablets 1:24–5, *25*
clay water pipes 1:27
Clegg, Samuel 5:26
clepsydra 3:*22*
Clerk, Dugald 6:38, *44*
Cleve, Per 6:39; 7:15
Clinton, DeWitt 5:*20*
clipper ships 6:10
clocks 3:22–3; 4:27, 30; 7:39
anchor escapement 4:14, 48
astronomical 2:41; 3:20, 22
caesium atomic 9:9
chronometers 4:11, 34, *36*, 37
deadbeat escapement 4:27
free anchor escapement 4:42
grandfather (longcase) 4:12
jewel bearings 4:*23*
mechanical 3:22, 51
pendulum 4:7, 11, 12–13, 14, 48
pocket 3:31
quartz 8:14
self winding 3:42
shadow 1:26, *26*, 48, 3:17, *22*
spring driven 3:22–3, 31, 36, 4:18
striking 3:20, *22*, 51
weight-driven 3:20
see also water clocks
cloning
animals 10:12, 30, 31, 32–3, 38, 39
human embryos 10:33, 38, 39
cloth, woven 1:*11*
cloud chamber 7:34, 8:8, *8*
club soda 4:34, 50; 5:46
Coade, Eleanor 4:43
coal 2:7, 28; 3:6, 17
Coalbrookdale 4:*32*, 33, *33*, 46
coal mines 3:6
coal tar 7:39
cobalt 4:34
Cobham, Alan 8:14, 23
Coca-Cola 7:6
cocaine 6:43; 7:48
cochlea 9:18, *18*, 46
Cockcroft, John 8:8, *22*, 40, *40*
Cockerell, Christopher 9:9, 47*
codeine 5:38
Cody, Samuel 7:28, *28*
Coehoorn, Menno von 4:14
coelacanths 8:30, *30*; 10:13
coenzymes 7:*23*, 8:42
chains, iron 2:28
Chamberlain, Owen 9:12, 51
champagne 4:14, *15*
Champion, William 4:34
Chance, Britton 8:35
Chandra Gupta II 2:19
Chandragupta Maurya 2:18, 19
Chandrasekhar, Subrahmanyan 8:19
Chang Ch'ien 2:14
Chang Heng 2:30
Chang Ssu-Hsun 2:41
Chanute, Octave 7:15, 28, 49, 51
Chappe brothers 5:11
charcoal 1:38, 48, 49; 5:31
Chardonnet, Hilaire de 8:24
Chargaff, Erwin 9:11
charge-coupled devices (CCDs) 9:27, 40
chariots 1:20, *20*
Charles, Jacques 5:7, 11, 50; 7:24
Charnay, Claude-Joseph Désiré 1:21, *21*
Chaucer, Geoffrey 3:21
Chauliac, Guy de 3:21
Chedid, Louis 10:7
chemical bonding 8:15; 9:7
chemical chain reactions 7:42; 8:15
chemical elements 4:14, 50; 6:32–3; 9:18, 50–1, 51
new 9:16–17
chemical potential 6:35
chemical reactions 10:47
chemicals
law of definite proportions 5:14
naming system 4:49
organic 5:22
chemical valence 8:14
chemistry 2:29, 41
laboratories 4:11
textbooks/dictionary 4:30, 42, 49
Chen Zhuo 2:28
Cherenkov, Pavel 8:23
Chernobyl, radioactive fallout 10:13, *13*
Chéseaux, Philippe de 4:35
Chesebrough, Robert 6:31
Chevenard, Pierre 7:38
Chevreul, Michel 5:31
Chiao Wei Yo 2:41
Chichén Itzá 2:*25*
chilies, domesticated 1:10
China, science 2:30–1
Chinese civilizations 1:47–8*
chiropractic 7:14
chloracne 9:*38*
chloral hydrate 6:30
chloramphenicol 8:42
chlorine 4:42, 51; 5:36, 8:46
chlorofluorocarbons (CFCs) 8:18; 9:30, 39, *39*; 10:12, 18, 21, 36
chloroform (trichloromethane) 5:38, 6:11; 7:36
chlorophyll 5:27, *27*, 43, 7:26; 9:18, 47, 51
Choh Hao Li 8:38, 9:13, 30
cholecalciferol 8:19
cholecystotomy 6:27
cholera 6:15, *15*, 42, 49, 7:11, *11*
cholesterol 8:*22*, 9:48, 51
Chretien, Henri 8:11
Christy, James 9:39
chromium 5:14
chromosomes 6:*20*, 21, 7:7, 14, 26, 34, 42
artificial 10:30
chronometer 4:11, 34, 36, *36*, 37
Chrysler Building 8:19, *19*
Model T 7:30
rocket-powered 9:32
steam-powered 6:34, 7:6, 20
Volkswagen 8:30, *30*
Wankel-engined 9:21
windshield wipers 7:34
Carson, Rachel 9:19
Cartesian coordinates 4:6, 46
Cartier, Jacques 3:36
Cartwright, Edmund 5:10, 13
cash register 6:39; 7:23
Casimir, Hendrik 8:23
cassava (manioc) 1:40, 50
Cassegrain, Laurent 4:24, 25
Cassinelli, Joseph 10:7
Cassini, César 4:46
Cassini, Giovanni 4:15, 18, 19, 26, 28, 46*; 6:37
Cassini, Jacques 4:26, 46
Castellanos, Juan de 3:44
castles 3:14–15, 17
Castro, Giovanni da 3:26
Çatal Hüyük 1:*11*
catalysts 5:43, 46
catalytic converters 9:33, *33*; 10:21
catapults 2:15, 26–7, *26*, 47
gravity-powered 3:7
onagers 2:21, *26–7*, 27
cataract operation 4:35
catastrophe theory 9:30
cathedrals
Chartres 3:12, *13*
Florence 3:21, *21*
Notre-Dame, Paris 3:16
cathode rays 6:35, 47; 7:14, 16–17
cathode-ray tubes 7:6, 18, *18*, 34, 8:13, *13*, 39
cats, domestication 1:18, 23, 34
CAT scanner 9:21
cat's eyes (road markers) 8:23
cattle
abortion in 6:40; 7:18
domestication 1:11, 22, 23
cattle fever 7:10
Cavendish, Henry 4:42, 49; 5:10, *10*, 15, 46–7*, 49
Caventou, Joseph 5:27, 30
Caxton, William 3:27, 28, 31, 47*
Cayley, George 5:19, *19*, 22, 47*; 6:15; 7:28
CD-I interactive computer disk 10:26
CD-ROM 10:9, 14, 20
Cellarius, Andreas 3:*41*
cellophane 7:27
cell reactions 8:34
cells 4:14, 48, 5:43, 6:18, 22
observation of 9:14
cellular telephones 9:41, 10:8, 9
celluloid 6:18, 30
cellulose 5:43; 10:30
Celsius, Anders 4:35
Celsus, Aulus Cornelius 2:20, 47*
Celts 1:47*
cement 4:38, 51, 5:31
centaur objects 9:39
central heating, hot air 5:30
centrifuge 6:38
centrosomes 6:35
ceramic images 1:11, *11*
cereals, origin of 1:16–17
cerium 5:46; 7:46
Cerletti, Ugo 8:27
Cesalpino, Andrea 3:42
cesium 6:22, 47
Ceva, Giovanni 4:26
Chadwick, James 7:38, 50; 8:8–9, 22, 40
Chagas, Carlos 6:40–1; 7:31
Chain, Ernst 8:21, 31, 48

6:38
Fahrenheit, Gabriel 4:26, 27
Fairne, Robert 6:23
Fajans, Kasimir 7:35
Fallopio, Gabriello 3:37
False Geber 3:17, 48*
Faraday, Michael 5:31, 36–7, 38, 39, 48; 6:10, 22
Farfler, Stephen 4:10
farming, arable 1:18
farm machinery 5:16–17
Farnsworth, Philo 8:13, 14
Farrington, De Witt 7:44
faucet 5:46
Fauchard, Pierre 4:31
Favaloro, René 9:24
fax 7:46
Fay, Charles du 4:31
Faye, Hervé Auguste 6:7
Fehling, Hermann von 6:6
Fender, Leo 8:43
Fermat, Pierre de 4:6, 28, 10:18, 24
fermentation 6:19, *19*, 50
Fermi, Enrico 8:9, 34, *34*, 40, 47, 47*; 9:51
fermium 8:47; 9:6, 51
Fernando Póo 3:27
Fernel, Jean 3:36
Ferranti 8:45
ferric chloride 6:19
ferrocene 9:6
ferromagnetism 7:27, *27*; 8:7
Fertile Crescent 1:16, 18, *28–9*, 50
fertilization of crops 1:41
fertilizers 7:30
Fessenden, Reginald 7:12–13, 13, 26, 34, 8:7, 47*
Feynman, Richard 8:43; 9:15
fiber-optic cables 9:26; 10:15, 27
fibers, artificial 8:24–5
Fibonacci, Leonardo 3:10, 12, *12*, *13*, 13, 48*
Field, Cyrus W. 6:47
Fieser, Louis 8:34
Filippo da Modena 3:26
Filisko, Frank 10:18
film, flexible 9:30
film recording 8:7
film transparencies 8:26
fingerprints 7:11
Finsen, Niels 7:18
Finsterwalder, Ulrich 9:21
Fioravante da Bologna 3:26
fire arrows 3:7, *7*, 24
fire engine 5:46
fire extinguishers 7:31
fire making 1:10, 14–15
fireworks 3:7, 24
Fischer, Emil 7:7, 14, 18, 22, 27
Fischer, Ernst 9:6
Fischer, Franz 8:11
Fischer, Hans 8:18, 38
fishing 1:11, 13; 3:21
Fitch, John 6:8, *8*
Fittig, Rudolf 6:30
Fitz, Reginald 7:6
Fitzgerald, George 7:10
Fitzmaurice, James 8:15
Fitzroy, Robert 5:44
Fizeau, Armand 4:28, *28*; 6:10
Flack, Martin 7:27
flame tests 4:39
flamethrowers 2:6, *27*, 47
Flaminius, Gaius 2:15
Flammarion, Camille 6:36
Flamsteed, John 4:26, 47
flash photolysis 8:43
flax 1:18
Fleming, Alexander 8:7, 15, 20, *20*, 21, 47–8*
Fleming, John 6:48; 7:*10*, 11, 13, 23, 46, 47*
Flerov, Georgii 8:34
engineering tables 4:31
Enigma 8:50
enkephalins 9:38
entomology 4:31
entropy 6:26
enzymes 5:38, 6:31, 38, 7:14, 15, 23, 35, 8:35
 restriction enzymes 9:11, 25
Eötvös, Roland von 7:11
ephemerides 2:30; 4:37
Epicurus 4:11
epilepsy 6:23
epinephrine (adrenaline) 7:14, 22
Epsom salts 4:23
equations 3:7, 10, 46
equinoxes 2:39, 46
 precession of 2:15, 29, 41, 49
Eratosthenes of Cyrene 2:14, *15*, 48*
Erb, Wilhelm 6:34
erbium 5:14; 6:7
Ericsson, John 5:39, *39*; 6:50
Eriksson, Leif 2:44; 3:6
erythrocytes 4:10
Esaki, Leo 9:13
escapement 2:49
 anchor 3:22–3, *23*
 clock 3:22
 foliot 3:*22*
 verge-and-foliot 3:*23*
escape velocity 8:10
Eschenmoser, Albert 9:30, 51
Escherichia coli 10:30
esophagectomy 6:31
estrogen 8:18
ethanoic acid (acetic acid) 6:11
ethanol (ethyl alcohol) 5:23
ether (anesthetic) 6:7, *7*; 7:36
ether (upper air) 7:7
ethology 8:26, 49
ethyne (acetylene) 10:39
Eucleides 2:50
Euclid 2:7, 16, 29, 40, 48*, 50; 3:7, 10, 26, 30; 5:34
Eudoxus of Cnidus 2:48*
eugenics 6:30
Euler, Leonhard 4:30, 38, *38*, 42; 5:6
Euler, Ulf von 8:39
Eupalinus of Megara 2:6, 48*
Euripides 2:46
Eustachio, Bartolomeo 2:46; 3:37
Eutocius of Ascalon 2:34
Evans, Herbert 7:42; 8:7
Evans, Oliver 5:19, 22, 7:20
Evinrude, Ole 7:30
evolution 5:22, *22*, 42, 44, 45, 49; 6:19
Ewing, Alfred 6:39
Ewing, William 8:26
Ewins, Arthur 7:38
exclusion principle 8:11
explosives 7:19, 30
expressways 8:7, 11
extinction, catastrophic theory of 5:31
Exxon Valdez (oil tanker) 10:20
eyeglasses 3:16, *16*, 26, 46
 bifocal 4:40, *40*; 5:10
eyes 2:40, *40*, 48
 blind spot on retina 4:14
 cancer 10:13
 cataract operation 4:35
 rods and cones 6:27

F

Fabre, Henri 7:31
Fabricius, David 3:43, 48*
Fabricius, Johann 5:6
Fabricius, Johannes 3:48
Fabry, Charles 7:35
Fahlberg, Constantine
Edwards, Robert 9:25
Egyptians 1:48–9*
Ehrlich, Paul 7:27, 31, 34, 37, *37*; 8:20, 47
Eiffel, Gustave 7:10
Eijkman, Christiaan 7:15
Einstein, Albert 7:10, 26, *26*, 38, 42, 47*, 50; 8:18, 30, 47; 9:28
einsteinium 9:6, 51
Einthoven, Willem 7:23
Eisenhower, Mamie 9:15
Eisler, Paul 8:35
elasticity 4:18, 48
electrical resistance 7:34
electric arc furnace 7:11, 49
electric bell 5:38
electric field emission 7:18
electricity 4:10
 effects of stimulation by 4:43
 generating plants 6:42, 48, 9:8
 inverse square law 4:42
 positive/negative static 4:31, 40
 sources 7:8–9
electric motor 5:36, 48
electrocardiograph 7:23; 10:19
electrochemistry 5:36, 6:43
electroconvulsive therapy 8:27
electrodynamics 5:30, 46
electroencephalography 8:10
electrolysis 5:18, 22, *22*, 36, 39, 48
electrolytes 8:10
electromagnetic induction 6:10
electromagnetic mass concept 6:43
electromagnetic radiation 7:12, 47
electromagnetic relay 5:39, 48
electromagnetic waves 8:35
electromagnetism 5:30, *30*, 36, *37*, 46; 6:51
electromagnets 5:31, 48, 50; 6:25
electrometer 4:35
electrons 6:35, 47, 7:11, 14, 16–17, 18, *18*, 19, 35, 38; 8:6, 14, 49; 9:13
electron theory 7:27
electrophoresis 8:19, 10:48
electroweak theory 9:25
elements 5:19, *27*, 46, 47, 6:32–3, 7:6, 18, 10:31
 periodic table 6:30
 spectra 6:47, 7:35
 weights of 5:26
elephants, domestication 1:27
elevator, safety 6:15, *15*, 50
Elion, Gertrude 9:6, 31, 47*, 48
Ellet, Charles 6:6, 7
Ellsworth, Lincoln 8:14
Elrod, Alvon 10:21
Elsasser, Walter 8:31
Elster, Julius 7:14
Elton, Charles 8:14
Elvehjem, Conrad 8:27
Ely, Eugene 7:31, 34
e-mail 10:44
embalming 1:27
embryology 2:46; 5:34
Encke, Johann 5:11, 43; 7:50
Enders, John 8:43; 9:13
endorphins 9:38
endothelium derived relaxing factor (EDRF) 10:13, 48
energy production, in body 6:43
Engelbart, Douglas 9:27
Engelberger, Joseph 9:27
Drake, Frank 9:18
Draper, Henry 6:31, 42
Draper, John 6:6, 7, 36; 9:44
dreams 7:19, 48
Drebbel, Cornelis 6:28
dredger, mechanical 3:37
Dreyer, Johan 7:7
Driesch, Hans 10:32
drills 1:35; 7:42
Drinker, Philip 8:15
Drude, Paul 7:19
drugs 1:47; 2:20, 21
 immunosuppressive 9:31; 10:7
 synthetic 7:27, 31, 36–7
Drummond, Thomas 5:31
Dubois, Eugène 7:10
Dubos, René 8:30, 39
Duchenne, Guillaume 6:19; 10:13
Dudgeon, Richard 7:20
Dudley, Dud 3:43
Duillier, Nicolas Fatio de 4:23
Dulong, Pierre 5:27
Dumas, Jean 5:27, 38
Dunlop, John 7:7
duodenum 2:7, 49
Dupuytren, Guillaume 5:38
Duryea, Charles 7:21, *21*
Duryea, Frank 7:21
Dutrochet, René 5:34, 43
Dwyer, Joseph 10:39
dyes 1:41, 51, 6:18, 51, 7:7
dynamics 4:35
dynamite 6:27, 50
dynamo 5:38, 6:31
dysentery 6:40, 41; 7:18
dysprosium 7:6

E

Eads, James 6:34
Earhart, Amelia 8:15
ears, semicircular canals 5:34, *31*, 6:34
Earth 3:51, 6:15, 7:35
 atmosphere 5:18, 7:*22–3*, 23, 35
 at center of Universe 2:7, 51
 core 6:27, 7:27, 8:27
 density of 4:43, 5:15, 47
 magnetism 3:18, 42, 49; 8:18, 31, *31*
 magnetosphere 10:26, 34, 42
 nutation 4:35
 orbit 3:26
 rotation 2:29, 3:26, 5:39, 10:25
 shape of 2:10; 4:26, 34, *34*
 size of 2:14, *15*, 38, 48, 50, 51, 4:15, 35
 tilt of axis 2:48
earthquakes 4:39, 8:26, *26*
 seismic waves 7:18
 seismographs 7:26
earth science 3:6
Eastman, George 5:33
Ebers, Georg 1:35, 49
Eberth, Karl 6:39, 40
echolocation 8:31, *31*, 9:18
echo sounder 8:7
Eckener, Hugo 8:18
Eckert, John 8:39, 43, 45, 9:8, 47*, 49; 10:46
eclipses 3:*27*
 lunar 3:50
 solar 1:40, 47; 2:6, 24, 6:22, 27, 30
ecology 6:31, 8:14
economics, application of mathematics to 4:26
Eddington, Arthur 7:38, 8:10
Edelman, Gerald 9:25
Edgeworth, Richard 4:39
Edison, Thomas 6:31, 38, *38*, 42, 46, 48*, 51; 7:7, 9, 19, 51; 8:47
Edward I 3:14, *15*, 17
difference engine 5:30, *30*
digestion 6:10; 7:10, *22*, 49–50
 gastric juices in 5:39, 42
Digges, Leonard 3:37
digitalis 5:10
digital video discs (DVDs) 10:34
dinosaurs 5:28, 31, 6:6; 10:13, 31, 38
 extinction of 10:6, *18*, 19, 46
Diocletian 2:28
diodes, plastic 10:18
Diogo de Sevilla 3:26
Dionysius the Elder 2:6, 26, 47*
Diophantus 2:21, 39, 47*, 3:13
Dioscorides, Pedanius 2:21, 48*
diphtheria 4:35, 6:43, 7:10, 35, 10:7
Dirac, Paul 8:9, 14
discovery, voyages of 3:38–9
disease 2:7, 15, 21, 35, 39, 40, 46, 49–50, 51
 germ theory 6:6, 40–1, 51
disinfectant 6:27
dissections, human 3:13, 30
distaff 1:18, 47, 50, 5:12
distillation 1:19
distribution curve, normal 4:31
dividing engine 4:43
diving bell 3:36; 4:27, 47
diving suit 5:27
division, arithmetical 3:10
Djerassi, Carl 9:9
DNA (deoxyribonucleic acid) 6:30, 39, 43; 7:18, 8:18, 38, 48; 9:24, 49, 50, 10:7, *12*, 13, 18, 39, 50, 51
 bases 9:39, 50
 hybrid 9:31
 mitochondrial 9:50
 replication 9:*11*, 12, *12*
 structure 9:6, 10–11
DNA polymerase 9:12, 24, 49
dodo 4:18, *18*
Dodoens, Rembert 3:45
dogs, domestication 1:10, 23, 50
Dolby, Ray 9:26
Doll, Richard 9:6
Dollfus, Audouin 9:24
Dollond, John 4:24, 39
Dolomieu, Déodat de 5:11, 15
dolomite 5:11
Domagk, Gerhard 8:22
domain names 10:44
Dome of the Rock 2:34
domes 3:21, *21*, 42
 geodesic 9:9, *9*, 48, 10:12
domestication
 of animals 1:*22–3*
 of plants 1:17
Dom João II 3:38, 48
Donald, Ian 9:13
Donati, Giambattista 6:18
Donders, Frans 6:19
Dondi, Giovanni di 3:20
donkeys, domestication 1:26
Donkin, Bryan 5:23
Doolittle, James 8:7
Doppler, Christian 6:7, 8:6
Dorand, René 8:28
Dorn, Friedrich Ernst 7:19
Dornberger, Walter 8:34, 36
Douglas, David 5:31
doves, domestication 1:51
Downs' syndrome 9:13
Drake, Edwin 6:19, *19*
Drake, Francis 3:37, 38, 42, *45*, 48*
33, 46
Darius 2:6, *6*
dark matter 8:22; 10:50, 51
Darrow, Charles 8:26
Dart, Raymond 8:11
Darwin, Charles 5:*22*, 42, 44–5, 49; 6:19
Darwin, Erasmus 5:44
Darwin, George 6:39
date palms 1:18, 46, 46–7
Daubrée, Gabriel 6:27
Davaine, Casimir Joseph 6:23
Davenport, Thomas 5:42
David, Armand 6:26, *26*
Davidson, Edward 7:31
Daviel, Jacques 4:35
Davis, John 4:36
Davis, Robert 8:18
Davisson, Clinton 8:14
Davy, Edward 5:43
Davy, Humphry 5:15, 22, *22*, 26, 36, 48*, 50, 51; 7:36
Dawson, Charles 7:34
daylight saving time 4:*40*
DDT 6:34; 8:31; 9:30, *30*
Debierne, André 7:18
Debye, Peter 7:38, 8:10
decimal point 3:11
Decker, Alonzo 7:42
decompression chambers 8:18
decompression sickness 6:38
Dedekind, Richard 6:31
Deere, John 5:16, 42, 6:10
defibrillator 8:22
De Forest, Lee 7:13, 26, 46*, 47; 8:7
Delbrück, Max 8:39; 9:11
Dellinger, John 8:26
Deluc, Jean 4:16, 42
Dempster, Arthur 8:26
dengue fever 5:7
Denis, Jean 4:14
Denner, Johann 4:19
Denning, William 8:7
Dennison, Aaron 5:47
dental drill 4:31
deoxyribonucleic acid, *see* DNA
deoxyribose 8:18
Desaga, Peter 6:14
Descartes, René 4:6, 16, 46*
Désormes, Charles 5:18, 27
Despeissis, Louis 7:11
Despiau, Raymond 10:7
detergents 7:27
determinants 4:19
detonating powder 5:19
detonators, mercury fulminate 6:23, 50
deuterium 8:22, 26, 51
Devol, Georg 9:20
DeVries, William 10:7
Dewar, James 7:10, 11, 14, 47*
Dewey, Melvil 6:35
dhows 1:36, *37*, 46, 3:38
diabetes 2:35; 4:14, 8:7, 46, 10:6
dialysis 9:19
diamonds 9:12, 39; 10:24
Diamond Sutra 2:30, 41, *43*
diastase 5:38
Diaz, Bartholomew 3:30, 38, 48*
Diaz, João 3:26
diazepine 10:13
diazo compounds 6:22
dichloroethylene (dichloroethene) 6:6
Dick, George and Gladys 8:10
Dicke, Robert 8:39
Dickson, James 8:24, *34*
dictating machine 6:48
didymium 7:46
Diels, Otto 7:27; 8:15
Diesel, Rudolf 6:45, 47–8*; 7:14
Dietz, Charles 7:20

7:20
Gusmao, Bartholomeu de 4:26
Gutenberg, Beno 7:38
Gutenberg, Johannes 2:43, 3:26, 28, 47, 48, 49*
Guth, Alan 10:6, 47*
Guthrie, Samuel 5:38
Gutton, Henri 8:33
gynecology 2:21
gyrocompass 7:30, 34

H

Haber, Fritz 7:30, 42, 48*; 9:50
Hadley, George 4:34
Hadley, John 4:30, 36
Hadrian 2:21, *21*
Haeckel, Ernst 6:31
Hagia Sophia 2:34, *34*
Hahn, Otto 8:30, 40
Hahnemann, Samuel 5:14
Haldane, John B. S. 10:32
Hale, Alan 10:30, *30*
Hale, George 7:30, 43
Hale, William 8:16
Hales, Stephen 4:30
Hall, Asaph 6:38
Hall, Charles 7:6
Hall, Chester 4:24, 31
Hall, Edwin 6:38; 10:48
Hall, G. Stanley 8:7
Hall, Marshall 5:38
Halladay, Daniel 3:9, *9*
Halley, Edmond 4:19, 22, *22*–3, 27, 39, 47*; 5:50
Hallidie, Andrew 6:27
Hamilton, William 6:7
Hammer, John 7:38
hammers, stone 1:12
Hammond, Laurens 8:23
Hammurabi 1:34, *34*, 46
hand grenades 7:38
Hansen, Armauer 6:30
Hansen, James 10:18, 36
Hansom, Joseph 5:39
Hantzsch, Arthur 6:42, *42*
Harden, Arthur 7:23
Harding, Karl 5:18
Hardy, Godfrey 7:30
Hare, Robert 5:18
Hargrave, Lawrence 7:11, 14
Hargreaves, James 4:39; 5:12
Harington, John 3:42
Harkness, Ruth 8:26
Harkness, William 8:26
harmonics 2:30
harnesses 1:19
harpoons, bone 1:11
harpsichord 4:*30*
Harrington, Robert 9:39
Harriot, Thomas 4:6
Harris, B. J. 9:30
Harrison, Ian 10:34
Harrison, James 6:22
Harrison, John 4:12, 27, 30, *31*, 34, 36, *36*, 37
Harrison, Ross 7:27
Hartmann, Johannes 7:23
Harvey, William 4:6, 6, 47*
Harwood, John 8:11
al Hassan al Rammah 3:17, 24
Hassel, Odd 8:19
Hasselblad, Victor 8:34
hassium 10:12
Haüy, René 5:7
Havers, Clopton 4:22
Hawking, Stephen 10:18, *18*, 47–8*
Hawkins, John 3:37, 44, 45
Hawksbee, Francis 4:16, 17, 23, 26
Haworth, Norman 8:23
Hayes, William 9:11
hay fever 7:26
hearing aids 9:9
heart
artificial 9:41; 10:7, 42
artificial valves 9:9
cardiac defibrillator 10:51
Goldberger, Joseph 7:38
Golden Hind 3:38
Goldhaber, Maurice 8:31
Goldmark, Peter 8:43
Goldstein, Eugen 6:35, 7:6
Golgi, Camillo 6:34
Golitsyn, Boris 7:26
Gomberg, Moses 7:19
Goodfellow, Peter 10:19
Goodpasture, Ernest 8:19
Goodricke, John 5:10
Goodyear, Charles 5:43
Gorgas, Colonel William 7:40
Gosling, James 10:27
gout 4:18
governor, centrifugal 5:9, *9*
Graaf, Regnier de 4:15
Graebe, Carl 6:27
Graf, Urs 3:31
Graham, Evarts 9:6
Graham, George 4:12, 27, 30
Graham, Thomas 5:35; 6:23
grain 1:51
Gram, Hans 6:40, 43
Gramme, Zénobe 6:31
gramophone record (disk) 7:7
grapes 1:26, 2:14
graphite 3:30
Graves, Robert 5:39
gravitational constant 7:11
gravity 3:42, 51; 4:20
acceleration due to 4:8, 8; 5:10; 10:24
gravity (cont.)
Bouguer anomaly 4:31
gravitational constant 4:43; 5:46
laws of 4:19, 20, *20*, 43, 47
Gray, Asa 5:42
Gray, Elisha 6:46
Gray, Henry 6:19
Gray, Stephen 4:30, 34
Gray, Thomas Cecil 8:39
Great Exhibition 6:14, 16–17
Great Wall of China 2:*14*, 15
Greek fire 2:*27*, 34, 47
Green, Andy 10:35
greenhouse effect 10:36–7
greenhouse gases 10:18
Greenwich meridian 4:18, 37
Gregoire, Marc 9:9
Gregor, William 5:11
Gregory, Charles 6:6
Gregory, James 4:14, 24–5, 47*
Greiss, Johann 6:22
Grew, Nehemiah 4:18, 23
Griffin, Donald 8:31, *31*
Grignard, François 7:22
grindstones 1:28
Grove, William 7:9
growth hormone, human 8:38, 9:30, 10:6
Guericke, Otto von 4:11, 16–17, *17*, 46
Guérin, Camille 7:26
Guido d'Arezzo 3:6, 49*
Guillemin, Roger 9:38
Guillotin, Joseph 5:11
guinea pigs, domestication 1:23, 34, 50
guitars, electric 8:43
Guldberg, Cato 6:23
Gunn, Colin 9:7
guncotton (nitrocellulose) 6:10, 50; 7:44, 47
gunnery manual 3:21
gunpowder 2:40, 3:6, 13, 17, 24–5, 46
bombs 3:12, 24, *24*
guns 3:24–5, 30; 7:44
Gunter, Edmund 3:43
Gurdon, John 10:32
Gurney, Goldsworthy
differential 5:35
non-Euclidean 6:15
projective 3:26
spherical 2:21, 39
Georges Pompidou National Center for Art and Culture (Paris) 9:40
Gerard, John 3:44
Gerard of Cremona 3:12
Gerber, Heinrich 6:27
Gerbert of Aurillac (Pope Sylvester II) 2:41, 49*; 3:22
Gerd Boyen, Hans 10:39
Gergonne, Joseph 5:23
Gerhard, William 5:43
Gerhardt, Charles 6:15, 7:36
germanium 6:32; 7:6, 9:36, 47
germs 3:48
germ theory of disease 6:6, 40–1, 51
Gershom, Levi ben 3:17, *20*; 4:36
Gesner, Conrad von 3:36
Ghiorso, Albert 9:12, 18, 51
Giacconi, Riccardo 9:19; 10:51
giant panda 8:26
Giauque, William 8:18
Gibbon, John, Jr. 9:7, 8
Gibbs, J. Willard 6:35, 42
Gibbs, William 8:31
Giffard, Henri 6:15; 7:24, *24*
Gilbert, William 3:42, 49*
Gilchrist, Percy 6:39
Giles of Rome 3:16
Gill, David 6:42
Gillette, King 7:15, *15*
Giocondo, Fra Giovanni 3:31
glacier tables 5:*11*
Gladman, Brett 10:30, 31
glanders 6:40
glass
electrochromic 9:33
float process 9:14
heat resistant 7:30
lead crystal 4:14
nonreflective 8:30
red 4:18
silvering 4:25
glassblowing 2:20
glass fiber 4:27
glass-making 1:27, 49
glassworks 4:7
Glauber, Johann 4:7
Glaucus of Chios 2:6
Glenn, John 8:36; 9:20, *21*, 10:16
gliders 5:22, 47; 6:15, 38, *39*; 7:11, 15, 28, 29, 49, 51
model 5:19, *19*, 47
Glisson, Francis 4:10
global warming 7:15, 10:18, 36–7
Glock, Gaston 10:15
glucose 5:23
gluons 9:*19*, 39
Glushko, Valentin 9:14
glutathione 8:6
glycerol 4:51
glycine 6:51
glycogen 7:11
gnomons 1:26, *26*, 48, 2:46, 3:17, *22*
goats, domestication 1:10, 22, 50
Goddard, Robert 8:14, *14*, 17, 48*
Gödel, Kurt 8:19
Godfrey, Thomas 4:36–7
Godowsky, Leopold, Jr. 8:26
Goeppert Mayer, Maria 8:43
Goethals, Colonel George 7:40
Göhring, O. H. 7:35
goiter 2:35; 5:27, 39, 6:42
gold 1:38, 10:39
Gold, Thomas 8:42, 9:25
gold amalgam 2:20, 51
Galilei, Vincenzio 4:7, 12
Gall, Franz 5:15
Galle, Johann 6:10, 49
galleons 3:35
galleys 2:15
gallium 6:32
Gallo, Robert 10:7, 47*, 49
gallstones 6:27
Galton, Francis 6:30; 7:11
Galvani, Luigi 4:*42–3*, 43; 7:8
galvanizing 4:34
galvanometer 5:42
Gama, Vasco da 3:30, 38, *39*, 48–9*
game theory 8:15, 38
gamma radiation 9:30, 46, 49
gamma rays 7:19
Gamow, George 8:27, 42, 48*
Ganga River technology 2:18–19
Garand, John 8:23
Gardner, William 7:44
Garnerin, André 5:*10*, 14
Garrett, George 6:29
gas 1:41, 9:27, 3:43
Gascoigne, William 4:7
gas engines 6:38, *44*
gases 4:50
kinetic theory 4:35
liquefaction of 6:30, 7:47
specific heat 5:27
gas masks 7:38
gas meter 5:26
Gassendi, Pierre 4:6, 11, 47*
gastric juices 4:38
Gates, Bill 9:40; 10:8, 10, 47*
Gatling, Richard 6:22, *22*; 7:44
Gauss, Karl 5:14, 18, 30, 35, 38, 6:25
Gautier, Hubert 4:27
Gay Lussac, Joseph 5:18, 23
gear cutting machine 4:34
gears, sun and planet 4:45
Geber (Abu Musa Jabir Ibn Hayyan) 2:35, 38, 39
Ged, William 4:30
geese, domestication 1:34
Gehring, Walter 10:7
Geiger, Hans 7:31
Geissler, Heinrich 4:16, 17, 7:16
Geitel, Hans 7:14
gelatin emulsion 5:33
gel electrophoresis 9:24
Gellibrand, Henry 4:6
Gell Mann, Murray 9:18, *19*, 31, 48*
Gemini space program 9:20
generators 5:43, 6:42, 48
electrostatic 4:26
wind powered 10:20
genes 7:31; 9:25; 10:19, 40
artificial 9:38
homeobox gene sequence 10:7
"jumping" 9:6, 49
gene therapy 10:24
genetic codes 9:19, 10:31
genetic engineering 9:11, 30, 31, 10:6, 13, 18, 25, *25*
genetic equilibrium 7:30
genetic (DNA) fingerprinting 10:7, *12*, 13, 41, 48, 50
genetics 5:45; 6:20–1, 7:26
genomes 10:41
Gentry, Tom 10:20
geodesic construction 8:19
geometry 2:7, 29, 30, 40, 46, 48, 50; 3:7; 5:34
coordinate (analytic) 3:20; 4:6, 46
Fracastoro, Girolamo 3:30, 36, 48*; 5:28; 6:40
fractals 10:6, *6*, 49
fractions, decimal 2:20; 3:42, 51
Francis, James 6:11, 12, *12*, 13
francium 8:30, 50
Frankland, Edward 6:14, 8:46
Franklin, Benjamin 4:34, 38, 40–1, 50; 5:10
Franklin, Kenneth 9:12
Franklin, Rosalind 9:6, 10
Franklin Adams, John 7:35
Fraunhofer, Joseph von 5:18, *26*
Fraze, Ermal 9:20
Fréchet, Maurice 7:27
free association 7:48
free energy 6:48
Freeman, Ralph 8:*22*
French, Paul 10:18
Freon 8:18
Fresnel, Augustin-Jean 5:26, *26*
Freud, Sigmund 7:6, 19, 48*, 8:10
Fricke, Hans 10:13
Friedel, Charles 6:38
Friedman, Herbert 9:13, 19
Friend, Richard 10:18
Fries, Elias 5:30
Friese Greene, William 7:10
Frisch, Karl von 7:43
Frisch, Otto 8:40
Frisius, Regnier Genna 3:36
Fritsch, Karl 8:7
frontier orbital theory 10:47
fructose 5:14; 7:7
fruit flies 10:38, 40, 41
fruits, cultivation 1:10, 11, 18, 19, 50
Fry, Arthur 9:33
fuel cells 9:15, 10:34
fuel injection systems 9:26
Fu Hsi 2:31
Fukui, Kenichi 10:47*
Fuller, Calvin 9:9
Fuller, Richard Buckminster 8:42, 9:9, *9*, 48*; 10:12
Fulton, Robert 5:22, *22*, 48*; 6:8, 8–9, 9, 28, *29*
fungi, classification 5:30
Funk, Casimir 7:34
Furchgott, Robert 10:13, 48
fusion reactor 10:24–5, 25
Fust, Johann 3:28, 48*, 49
fuzzy logic 9:26

G

Gabelich, Gary 9:32
Gabor, Dennis 8:42
Gaddi, Taddeo 3:20
Gadolin, Johan 5:14
gadolinium 5:14
Gaffky, Georg 6:43
Gagarin, Yuri 9:9, 20, *21*
Gaggia, Achille 8:30
Gahn, Johan 4:43
Galaisière, Guillaume Legentil de la 4:38
galaxies 2:41, 51; 3:31, *31*, 43, 49, 50; 7:48; 8:6, 6, 35, 46; 10:12, 13, 31, 50, 51
classification 7:49; 8:11, *11*; 10:49
see also Milky Way
galena 3:26
Galen of Pergamum 2:21, 39, 48–9*, 49; 3:12, 17, 36
Galilei, Galileo 2:50; 3:42, 43, 48, 49, 50, 51, 4:6, 7, 8–9, 12, *12*, 16, 24, 25, *25*, 46, 51, 6:36, 9:44; 10:24
Fletcher, Walter 7:27
Flettner, Anton 8:30
flights
across English Channel 7:30, *30*; 9:41, *41*; 10:8, *9*
across Pacific Ocean 10:21
across U. S. 7:34, 8:7
flights (cont.)
around the world 8:11, 14, 18
over the North Pole 8:14
supersonic 8:42, *42*
transatlantic 7:43; 8:15, *15*; 9:41; 10:15
flint 1:10, *10*, 12, *13*, 19, *19*
flintlock 3:24–5
Florey, Howard 8:20, 21, 31, 48
flour, sifting machine 2:34
Flourens, Pierre 5:34, 6:11
flour mills 2:28, 36, *36*
flowers
male/female 3:42; 4:18
pollination 4:39, *39*
Flowers, Thomas 8:35
Floyer, John 4:26
fluorine 7:49
flying boats 7:43
flying bombs (V1) 8:17, 31, 35, 38
flying buttresses 3:7, *7*, *13*, 16
Flying Doctor Service 8:15; 10:30
flying machines 3:30; 3:31; 5:47
ornithopter 3:30, 32, *33*
flying shuttle 4:31, *31*; 5:13
flywheels 1:20–1, 21, 3:26, *26*
Focke, Heinrich 8:26, 28, *28*
Fokker, Anthony 7:39
Folkers, Karl 8:42, 43
Folkman, Judah 9:19
Fontana, Domenico 3:42
food 1:28–9
canning 5:22, 23
classification 5:30
edible packaging 10:34
freeze drying 7:26, 6:22
preservation 1:28, 4:42, 6:39
quick frozen 8:19
food digestion 4:38
food poisoning 10:30
food supply 5:15
foot and mouth disease 6:41; 7:18, 10:38
Forbes, George 6:39
force pump 2:47
Ford, Henry 5:51; 7:*20*, 21, 30, 47–8*
forge, Catalan 3:12
Forlanini, Carlo 8:28
formic acid 4:42, 51
Forrester, Jay 8:43
Forssmann, Werner 8:18
Forsyth, Alexander 5:19
Fortin, Jean 5:15
Fortin, Nicolas 4:16
Fossett, Steve 10:43
fossil fuels 10:27
fossils 2:6, 3:30, 48, 4:22, 5:14, 26, *26*, 28–9, 7:39, *39*; 10:19, 25
hominoids 1:*12–13*; 6:27; 7:10, 34, *35*, 8:11, 14, 22–42, 9:18, 31, *31*, 49; 10:7, 12, 18, 24, 48
reptiles 5:23, 30, 31, *31*, 49; 6:22, 9:30; 10:31, 38
Fothergill, John 4:35; 5:6
Foucault, Léon 4:25; 6:10, 14, *14*, 18
Fountain, John 9:39
Fourdrinier brothers 5:22
Fourier, Jean 10:36
Fourier, Joseph 5:31, 34
Fourneyron, Benoit 5:34; 6:12

8:35
Kilby, Jack 9:15, *15*, 32, 36–7
Kildall, Gary 10:10
kinetic energy 6:18
King, Charles 8:*22*
King, Franklin 7:10
King, Thomas J. 10:32
Kingsley, Gershon 9:*21*
Kirch, Gottfried 4:19
Kircher, Athanasius 4:10, *10*, 11
Kirchhoff, Gottlieb 5:23
Kirchhoff, Gustav 6:22, *22*, 47; 7:50
kites 1:41, 48; 3:12; 7:14, 28, *28*
Kjeldahl, Johan 6:43
Klaproth, Martin 5:11, 14
Klaus, Karl 5:35
Klebs, Edwin 6:43
Klic, Karl 7:15
Klinkenberg, Dirk 4:35
Klitzing, Klaus von 10:6, 48*
knee-jerk reflex 6:34
knitting machine 3:42, 49
knives, flint 1:10, *10*
Koch, Robert 6:38, 40, 42, 49*; 7:11
Kocher, Emil 6:42
Köhl, Hermann 8:15
Köhler, Georges 9:38
Kohlrausch, Friedrich 6:31
Kohoutek, Lubos 9:30
Koichi Ichikawa 7:39
Kolbe, Hermann 6:11, 19; 7:36
Kolff, Willem 8:35
Kolhorster, Werner 8:18
Koller, Carl 6:43
Kolliker, Rudolf von 6:6, 11
Kölreuter, Josef 4:39, *39*
Komarov, Vladimir 9:36
Komodo dragon 7:34, *34*
Kompfner, Rudolf 8:39; 9:48*
Komppa, Gustav 7:23
König, Friedrich 3:*29*; 5:23
Königsberg Bridges problem 4:38, *38*
Kopff, August 7:26
Korn, Arthur 7:*22*
Kornberg, Arthur 9:12, 24, 49*
Korolev, Sergei 8:17
Kossel, Albrecht 6:39, 43; 7:15
Koster, Laurens 3:26, *28*
Kosterlitz, Hans 9:38
Kotaro Honda 7:38
Kouwenhoven, William 8:22
Kowal, Charles 9:31, 39
Kozyrev, Nikolai 9:13
Krebs, Arthur 7:24
Krebs, Hans 8:27
Kreutz, Heinrich 7:7
Kroto, Harold 10:12
Krupp, Friedrich 6:47
krypton 7:18, 51, 10:39
Kuhn, Bernard 5:10, *11*
Kuhn, Richard 8:*23*, 30
Kuhne, Wilhelm 6:38
Kühnold, Rudolf 8:32
Kuiper, Gerard 8:42; 9:7
Kumara Gupta 2:19
Kunckel, Johann 4:18
Kundt, August 6:27
Kunkel, Louis 10:13
Kuo Shou Ching 3:16
Kurchatov, Igor 8:38, 40
Kurtz, Thomas 9:21; 10:11
Kushch, Polykarp 9:9
Kutzing, Friedrich 5:43
Kwolek, Stephanie 9:26

L

Lacaille, Nicolas de 4:39
lactate 7:27
Laënnec, René 5:27
Lagrange, Joseph 4:39; 5:11

Jeffreys, Alec 10:13, 41, 48*
Jenner, Edward 5:14, *14*
Jenney, William 7:6
Jensen, Nicolas 3:*27*
Jerez, Rodrigo de 3:45
Jerne, Niels 9:38
Jessop, William 5:25
jet engines 8:18, 39, 51
Jobs, Steven 9:40
Johannsen, Wilhelm 7:31
Johanson, Donald 9:31
Johnson, Harold 10:49
Jokichi Takamine 7:22
Joliot Curie, Irene and Frédéric 8:8, 23, 30, 40
Jones, Brian 10:35
Jones, Harold Spencer 8:34
Jones, William 4:26
Josephson, Brian 9:18
Jouffroy d'Abbans, Claude 5:7, 6:8
Joule, James 6:6, 7, 11, 15, 48, 48–9*, 51
Joyner, Fred 9:8
J/psi particle 9:31
Judson, Whitcomb 7:14
Jung, Carl 7:48, 8:31
jungle fowl, domestication 1:18
junks 3:21, 34
Jupiter 4:14, *14*, 47, 8:30, 9:6, 12, 10:25, *25*, 28
moons 3:43, 50; 4:8, 9, 28, 46; 7:11, 30, 9:31, 39; 10:34, 38, 42, *42*
space probes 9:33, *34–5*, 35, 40; 10:20, 26, *26*, 27, 34, 42
Just, Ernest 8:11

K

Kaiser, Henry 8:*31*
Kalashnikov, Mikhail 8:42
kaleidoscope 5:26
Kamen, Martin 8:31
Kamerlingh Onnes, Heike 10:22
Kanellopoulos, Kanellos 10:20
Kao, Charles 9:26
kaon 9:48
Kapany, Narinder 9:14
Kaplan, Viktor 6:12, *12*
Kapor, Mitchell 10:9
Kapteyn, Jacobus 7:18
Kármán, Theodore 8:31
Karrer, Paul 8:19, 26
Kastler, Alfred 9:6
Kato Shirozaemon 3:13
Katsusaburo Yamagiwa 7:39
Katsuyoshi Hoshino 10:38
Kavelaars, J. J. 10:31
Kay, John 4:31, *31*; 5:13
Keeler, James 7:15
Keenan, Philip 10:49
Keilin, David 8:11
Keith, Arthur 7:27
Kekulé, Friedrich 6:19, 26, 7:47; 10:20
Kellman, Edith 10:49
Kellogg, John 7:14
Kelvin, Lord *see* Thomson, William
Kemeny, John 9:21; 10:11
Kendall, Edward 7:38, 8:42
Kendrew, John 9:18, 48*, 50
Kennelly, Arthur 7:22
Ken Shou Ch'ang 2:15
Kepler, Johannes 3:*42*, 43, 48, 4:6, 24, 47, 48*
Kettering, Charles 7:23
Kevlar 9:26
Keynes, John Maynard 8:7
Khorana, Har 9:38
Khryashtchev, Leonid 10:39
al Khwarizmi 2:39, 40, 3:7, 10, 51
kidney dialysis machine

imprinting, in animals 8:49
incubators 2:6; 3:42
India rubber 4:34
indices, negative 3:30
indigo 6:39, *39*
indium 10:46
induction coil 7:48
induction motor 7:51
Indus civilization 1:50*
inertia 3:*26*, 47
infinite series 4:47
information theory 8:42
Ingenhousz, Jan 5:7
Ingersoll, Simon 6:31
Ingold, Christopher 8:14
inheritance (acquired characteristics) 7:7
ink 1:41
inkblot test 8:6, *6*
Innes, Robert 7:39
inoculation, *see* vaccination
insects 4:31
classification 5:6
flower pollination 4:39, *39*
metamorphosis 4:14
sex determination 7:26
insulators, electrical 4:30
insulin 6:30, 8:6, 7, 14, 46; 9:12, 25, 48, 50; 10:6
insulin shock treatment 8:18
integrated circuits 9:15, *15*, *36*, 37, *37*; 10:10
integrated services digital network (ISDN) 10:20
intelligence quotient (IQ) 7:26
Intelsat 9:21, 26
intercontinental ballistic missiles (ICBMs) 9:9
interferon 10:6
internal combustion engines 6:44–5, 46, 7:6, 10
diesel engine 6:45, 47–8
four-stroke 6:44, *45*, 46
gas-burning 6:19, 35
two stroke 6:44, *44*, 46
Wankel engine 6:45
Internet 10:27, 44
interplanetary medium 10:51
introns 9:38
invar 4:12
invertase 6:31
in vitro fertilization (IVF) 9:25, *25*, 39
iodine 5:23, 27, 32
ionosphere 8:10
iron 1:38; 3:24
magnetization 7:42
in red blood cells 8:11
iron lung 8:15
iron smelting 1:40, 48, 49; 3:43; 4:26, 32–3, 46
hot-air process 5:34
ironworking 1:41, 49; 2:19
irrigation systems 1:41, 46; 2:19, 40
Ishango bone 1:*42*
Isidorus of Miletus 2:34
isobutane 6:26
isotopes 7:35, 50; 8:46
beta decay 8:27, 47
whole number rule 8:6
Issigonis, Alec 9:15, *15*

J

Jablochkoff, Pavel 6:35
Jackson, John 6:23
Jacob, François 9:18
Jacobi, Moritz von 5:42
Jacquard, Joseph 5:19; 8:44
Jacuzzi, Candido 9:27
Janney, Eli 6:*27*
Janowsky, David 9:31
Jansen, Zacharias 3:42
Jansky, Karl 8:19; 9:22
Janssen, Pierre 6:27
Jarchus, Solomon 3:7
Jarvik, Robert 9:41; 10:42
Jeans, James 7:43

Howd, Samuel 6:12
Howe, Elias 6:10, *10*
Howell, William 7:42
Hoyle, Fred 8:42
Hsi Han 2:29
Huang Fu Mi 2:28
Huang Ti 2:31
Hubble, Edwin 7:42, *42–3*, 48–9*, 8:11, *11*, 18, 10:28
Hubble Space Telescope 10:8, 20, 25, 26, 28–9, 31, *31*, 42
Hückel, Erich 8:10, 22
Hufnagel, Charles 9:9
Huggins, Charles 8:34
Huggins, William 6:26, 27
Hughes, David 6:*24*, 25, 39
Hughes, John 9:38
Hull, Albert 8:6, 32
Hulse, Russell 9:31
Hulsmeyer, Christian 8:32, *32*
Human Genome Organization (HUGO) 10:18
Human Genome Project 10:12, 19, 38, 40–1, 51
humans, early 1:12–13
Humery, Konrad 3:28, 49
Hunefeld, Guenther von 8:15
Hunley, Horace 6:28
Huntsman, Benjamin 4:34
Hurst, G. Samuel 9:38
Hussey, Obed 5:16–17, 38
Hutton, James 5:10, 14
Huxley, Andrew 9:6
Huygens, Christiaan 3:22; 4:*10–11*, 11, 12, 14, 18, 21, 24, 48*
Hyakutake, Yuji 10:30
Hyatt, John 6:30
hydraulic press 5:14, 46
hydrocarbon substitute 10:18
hydrochloric acid 3:42, 5:30
hydrocyanic acid (prussic acid) 4:42, 51
hydrogen 4:42, 50; 5:46; 6:22, 31; 7:46, 47, 8:15
hydrogen atoms 6:42, 8:14, 50
hydrogen bombs 9:7, *7*, 9, 14, 27
hydrogen chloride 4:50
hydrogen ions, in space 8:30
hydrogen isotopes 8:22
hydrogen peroxide 5:27
hydrogen sulfide 4:50
hydrometer 2:28; 4:18, 42
hydroponics 6:22
hygrometer 4:19
Hyland, Lawrence 8:32
hypermetropia (farsightedness) 6:19
hypertension 9:6
hypnotism 5:6
hypodermic needle 6:14
hyposulfite of soda (hypo) 5:27
hysteresis 6:39

I

ibex 10:38
IBM 8:10, 44
Ibn al Baytar 3:13
Ibn Hayyan, Abu Musa Jabir (Geber) 2:35, 38, 39
Ibn Ishaq, Hunayn 2:40
Ibn al Nafis 3:16
ice ages 5:42, *42*
Iceland 2:41, 44
iconoscope 8:10, 13, 51
Ignarro, Louis 10:13, 48*
iguanodon 5:31, 49
Ikeya Kaoru 9:24
Illmensee, Karl 10:32
Imhotep 1:30, *31*, 49
immunoglobulin 9:25
impetus 3:20, 47

Hieron II 2:16, *16*
Higginson, Alfred 6:14
Higgs, Peter 9:19
Hill, Andrew 10:12
Hill, Bradford 9:6
Hipparchus of Nicaea 2:15, 29, 49*, 50; 6:36
Hippocrates of Kos 2:7, 39, 46, 48, 49*
Hire, J. N. de la 4:27
Hirn, Gustave 6:7
Hirst, Edmund 8:23
His, Wilhelm 7:14
Hisinger, Wilhelm 5:46
histamine 7:34
histidine 7:15
histones 6:43
Hitchings, George 9:6, 47, 48*
Hittites 1:38, 40, 46, 49–50*
Hittorf, Johann 7:16
HIV 9:*39*; 10:7, 47, 49
Hjelm, Peter 5:7
Hoagland, Mahlon 9:12
Hockham, George 9:26
Hodgkin, Alan 9:6
Hodgkin, Dorothy 8:39, 9:12, *13*, 25, 48*
Hoerni, Jean 9:37
hoes 1:*28*; 8:7
Hoff, Ted 9:32
Hoffman, Felix 7:36
Hoffmann, Roald 9:25, 51; 10:48*
Hofmann, Albert 8:35
Hofmann, August 6:27, 47, 51
Holek brothers 7:45
Holland, John 6:29; 7:19
Hollerith, Herman 7:10, 8:44
Holman, Matthew 10:31
Holmes, Arthur 7:35
Holmes, Oliver Wendell 6:11
holmium 6:39
holography 8:42
Holonyak, Nick, Jr. 9:20
Holt, Luther 7:42
Homburg, Wilhelm 4:22
homeopathy 5:14
homeostasis 8:22
Homer 2:6
Homo erectus 1:10, *12–13*, 14, 7:10, 8:14, 9:49, 10:12, 49
Homo floresiensis 10:39, *39*
Homo habilis 1:10, 12, *12–13*, 9:18, 31, 49; 10:49
Homo sapiens 1:10, 12, *12–13*; 10:18
Honain ben Isaac 2:39
Honnecourt, Villard de 3:12
Hooke, Robert 3:23; 4:11, 14, *14*, 18, 19, *19*, 20, 25, 29, 47–8*, 48
Hope, Thomas 5:14
Hopkins, Frederick Gowland 7:27; 8:6
Hopper, Grace 9:9
Hoppe Seyler, Felix 6:*23*, 31
hormones 7:22, 9:7, 30
Horrocks, Jeremiah 4:6
horsepower 5:9
horses
domestication 1:19, *19*, 22–3
harnessed in pairs 2:20; 3:6
horseshoes 2:15
Horton, Joseph 8:14
Horwitz, Robert 10:40
hospitals 2:41; 3:16
Hoste, Paul 4:*22*
Hotchkiss, Benjamin 6:31, 7:45
hourglass 3:17, 22
houses
Egyptian 1:27
reed 1:19
hovercraft 9:8, 9, 47
Howard, Edward 5:18
Howard brothers 8:7

catheterization 8:18
coronary angiograms 10:51
implanted pump 10:25
pacemakers 9:15, 18, 10:51
surgery 7:14, 39; 9:7, 8, 24, 46
transplant 9:*24*, *24*, 25, 46
heart lung machine 9:7, 8
heat 5:15, 39, 50, 51; 6:23
mechanical equivalent 6:7, 49
Heatley, Norman 8:21
Heaviside, Oliver 7:11, *22*
heavy water 8:51
hectograph 5:9
Hedley, William 5:23, *23*
Heeger, Alan 9:38
Heisenberg, Werner 8:9, 14, *15*
Helicobacter pylori 10:7
helicopters 8:26, 28–9, 30, 38
gyroplane 7:27
Helin, Eleanor 10:7
heliograph 5:30
helium 6:27, 7:15, 23, 30, 43, 50, 51
helium 6 isotope 10:39
Heller, Adam 10:6
helmets, bronze 1:*38*
Helmholtz, Hermann von 6:11, 14, 42, 48*, 7:48
hematite 1:38
heme 8:18
hemoglobin 6:23, 9:7, 13, 50
hemophilia 5:19, 6:21
Hench, Philip 8:42
Henle, Jacob 6:6, 40
Henlein, Peter 3:*22*, 23, 31
Hennebique, François 7:11
Henneman, Nicholas 5:33
Henning, Hans 7:19
Henry Prince of Prussia 7:34
Henry, Joseph 5:38, 39, 48*, 50; 6:10, 11, 25
Henry, William 5:18
Henson, William 7:29
heparin 7:42
hepatitis 10:6, 19
Hérelle, Felix d' 7:38
Hermite, Charles 6:34
hernias 3:21
Herod the Great 2:20
Hero of Alexandria 2:20, 49*
Herophilus of Alexandria 2:7, 49*
Héroult, Paul 7:6
Herschel, Alexander 5:49
Herschel, Caroline 5:10, 49
Herschel, John 5:27, 30, 49
Herschel, William 4:*24–5*, 43; 5:10, 11, 18, 23, 48–9*
Hershey, Alfred 8:39
Hertz, Heinrich 7:7, 12, 23, 48*
Hertzsprung, Ejnar 7:30, 32–3, 8:10
Hess, Germain 6:7
Hess, Victor 7:34, *34*
Hevelius, Johannes 4:7, 11, 24, 9:44
Hevesy, Georg von 7:34
Hewish, Antony 9:*24*, 25, 46
Hewitt, Peter Cooper 8:28
hexouronic acid 8:22
Hey, Stanley 8:35
Heyrovsky, Jaroslav 7:43
Hideki Shirakawa 9:30, 38
hieroglyphs 1:24, *24*, 26, 48

set of all sets paradox 7:22
set theory 7:30
tensor 7:19
see also algebra, geometry; logarithms; trigonometry
Mathijsen, Antonius 6:15
Matsumura, Kenneth 10:19
matter 5:10, 43
Matthews, Dennis 10:14
Matthias, Bernd 9:25
Mauchly, John 8:39, 43, 45, 45, 9:8, 47, 49*; 10:46
Maudslay, Henry 5:18
Maunder, Walter 7:14
Maupertuis, Pierre de 4:34, 34
mauveine 6:18, 51
Maxim, Hiram 6:42, 49–50*; 7:29, 44–5, 44, 45
Maxwell, James Clerk 6:18, 23, 27, 34, 34; 7:12, 15, 47, 51
Mayan civilization 2:12, 24–5
Maybach, Wilhelm 6:44
Mayer, Julius von 6:6, 7, 11
Mayor, Michael 10:25
measles 2:39, 40, 51; 9:13
measures 1:44–5; 2:40; 3:30
measuring scale 4:6
Mechain, Pierre 5:11
mechanics 5:11
mechanisms, drawings 3:12
medical surgical books 2:50; 3:6, 7, 12, 21, 26, 36, 43, 46
medicine 2:20, 39, 47, 49–50, 51
ancient 1:30–1, 34
Chinese 2:30
license to practice 3:7
megaphone 6:48
Megenberg, Conrad von 3:27
Meigs, Montgomery 6:22
Meikle, Andrew 3:9; 5:11, 16
Meissner, Georg 6:15
Meitner, Lise 8:40; 9:17
meitnerium 10:6
melamine 5:38
Mellanby, Edward 8:7
Melotte, Philibert 7:30
Melzi, Francesco 3:32
Mendel, Gregor 5:45, 6:20–1, 26
Mendel, Lafayette 7:35
Mendeleev, Dmitri 6:30, 32–3; 7:6
mendelevium 6:33, 9:12, 51
Menelaus of Alexandria 2:21
Meng Tien 2:30
Menten, Maude 7:35
Menzel, Donald 8:23
6-mercaptopurine 9:6, 47
Mercator, Gerardus 3:36, 37, 50*
mercury (metal) 2:38, 51
Mercury 4:6, 7, 47; 7:10, 50
space probes 9:33; 10:43
Mergenthaler, Ottmar 6:43
Mersenne, Marin 4:7
Meselson, Matthew 9:12
Mesmer, Friedrich 5:6, 6
mesomerism 8:14
meson 9:31
Mesopotamians 1:50*
messenger RNA (mRNA) 9:18
Messerschmitt, Willy 8:26, 35, 35, 49*
Messier, Charles 4:30; 5:7
metabolism 3:43
metal casting 1:26, 41
metal planing machine 5:27
2:38, 40
Mandelbrot, Benoit 10:6, 6, 49*
manganese 4:43, 51
Manhattan Project 8:35, 40, 47, 51
Mannes, Leopold 8:26
manometers 4:14, 5:27
Mansion, Colard 3:28, 47
Mantell, Gideon 5:31, 49*
Mantell, Mary Ann 5:31
maps 1:35, 47; 2:20; 3:6, 7, 50
geologic 5:26
magnetic variations 4:22, 22–3
of the Moon 4:10, 6:36–7, 38, 9:44
projections 3:36, 37, 50
Maraldi, Giacomo 6:37
marble sculptures 1:26
Marconi, Guglielmo 7:12, 12, 13, 22, 46, 47, 48, 49*; 9:36
Marco Polo 3:38
Marcus, Siegfried 6:44
Marggraf, Andreas 4:35, 39
Marie, Pierre 7:6
Marinsky, Jacob 8:42, 9:16
Marinus of Tyre 2:20
Mariotte, Edmé 4:14, 18, 46
Marius, Simon 3:43, 49–50*
Markham, Fred 10:14
Markov, Andrey 7:27
Marrison, Warren 8:14
Mars 4:15, 46, 48; 6:36–7; 7:26, 50
microfossils 10:30, 30
moons 6:38
space probes 9:20, 32, 33, 34–5, 40, 40; 10:27, 34, 34, 35, 39, 42, 43
Marsden, Ernest 7:31, 31
Marsh, James 5:42
Marshall, Barry 10:7
Marsigli, Luigi 4:36
Martin, Archer 8:38
Martin, James 8:39
Martin, Pierre 6:26
Martine, George 4:31
Martini, Francesco di Georgio 3:30
Mary Rose (warship) 3:35, 35
maser 9:7, 28
Maskelyne, Nevil 4:37, 42, 43
mass
calculation of 7:11
conservation of 4:43
measurement of 10:43
mass production 7:21, 47
mass spectrograph 8:46
Masursky, Harold 10:38
matches 1:14; 2:34; 4:19; 5:34
safety 6:18
matchlock 3:24, 26
mathematical signs/symbols
division 4:11
e 4:30, 6:34
greater than (>) 4:6
infinity (∞) 4:11
less than (<) 4:6
multiplication sign 3:43
pi (π) 2:17, 21, 29, 4:26, 42, 6:34
square root 3:36
mathematics
advances in 3:10–11
books/journals 3:20, 30; 5:23
equation solving 1:35, 47
graphical statics 6:31
infinite series 5:10
method of least squares 5:14
partial differential equations 4:35
proof 8:26
11, 11
lymphoma 9:13
Lynden Bell, Donald 9:25
Lyon, Mary 9:18
lysergic acid 9:51
lysergic acid diethylamide (LSD) 8:35
lysozyme 8:7, 20, 48
Lystrosaurus 9:30

M

McAdam, John 5:26
MacArthur, Ellen 10:42
McCandless, Bruce 10:14, 14, 16
McClintock, Barbara 9:6, 49*
McCollum, Elmer 7:35; 8:7
McCormick, Cyrus 5:16–17, 38, 6:16
McCormick, Robert 5:16
McCormick, Stephen 5:16, 27
MacCready, Paul 9:41
MacDiarmid, Alan 9:38
McDowell, Ephraim 5:23
MacEwen, William 6:39
Mach, Ernst 7:7
machine guns 4:27; 6:22, 22 6:31, 7:44–5
fully automatic 6:42, 49–50
light (LMGs) 7:45
submachine guns 7:45
machine pistols 7:44
Macintosh, Charles 5:15, 31
McKay, David 10:30
MacLean, Malcolm 9:9
Macleod, John 8:7
McMillan, Edwin 8:31, 9:16–17, 50
Macmillan, Kirkpatrick 5:43
Macquer, Pierre 4:42
Macready, John 8:7
macromolecules 8:7
Maddox, Richard 5:33
Madsen, Captain W 7:45
Maelzel, Johann 5:26
Magdeburg spheres 4:11, 16, 16–17, 17
Magee, Carlton 8:26
Magellan, Ferdinand 3:30, 31, 38, 39, 49*
magic lantern 4:10, 10
magnesium sulfate 4:23
magnetic declination 4:6
magnetic deviation 3:18, 19
magnetic dip 3:42
magnetic fields 5:37, 46
magnetic induction 5:31
magnetic levitation (maglev) 10:22, 23
magnetic resonance imaging (MRI) 9:30, 31
magnetic variations 4:22, 22–3
magnetohydrodynamic generators 9:32
magnetron 8:6, 32–3, 32
magnets 3:16, 18, 49, 10:23
magnification 3:16, 16
Magnus, Albertus 3:16, 46*, 51
Magnus, Heinrich 6:15
Maiman, Theodore H. 9:20, 28, 28, 29
al-Majusi, Ali Abbas 3:6
Maksutov, Dmitri 8:34, 34
malaria 4:27, 6:39, 41, 7:18, 42, 9:51
Malouin, Jean Paul 4:34
Malpighi, Marcello 4:11, 11, 47
Malthus, Thomas 5:15, 45
Malus, Étienne 4:15; 5:22
Mamluk Sultan Qala'un 3:16
mammoths 1:10, 10; 5:14; 9:38
al-Ma'mun, Abdallah
Lillehei, Clarence 9:15
lime production 3:17
Linacre, Thomas 3:31, 31
Lind, James 4:35
Lindbergh, Charles 8:15, 15
Lindblad, Bertil 8:10
Linde, Andrei 10:6, 47
Linde, Karl von 6:35, 47
Lindenthal, Gustav 7:42
Linderstrøm-Lang, Kaj 9:6
Lindow Man 10:12
Lindstrand, Per 10:15, 21, 46
linear accelerators 8:38, 9:24
Linn, Stewart 9:11
Linnaeus, Carolus 4:34, 34, 49*
Liouville, Joseph 6:14
Lipmann, Fritz 8:34, 42
Lippershey, Hans 3:43, 4:24
liquid crystal display 9:32, 32
Lisle, Jean Romé de 4:43
Lister, Joseph 6:27, 49*
Lister, Joseph Jackson 6:49
lithium 5:27
lithotripsy, ultrasonic 10:6
Liu Hsin 2:20
Liu Hui 2:21
llamas, domestication 1:23, 27, 50
Llull, Ramón 3:17
Lobachevski, Nikolai 5:34
lobotomy 8:26
locks (canal) 2:41; 3:26; 5:20, 21
locks (security devices) 1:19, 46; 5:46; 6:26, 26
Lockyer, Joseph 6:27
locomotives 6:14, 8:34
lodestone 2:51; 3:18, 49
Lodge, Oliver 7:12, 49
Loewi, Otto 8:6
Löffler, Friedrich 6:40, 41, 43; 7:18
logarithms 3:10, 42, 43, 47, 50; 4:30
logic 2:10
Lohrmann, Wilhelm 6:36, 38
Lomonosov, Mikhail 4:35, 39
London, Fritz 8:15, 26
London, Heinz 8:26
Long, Crawford 6:7
longbows 3:20
longitude 2:49, 50; 3:6
finding 4:27, 37
longships 2:41, 44–5, 45; 3:6, 34
Lonsdale, Kathleen 8:18
looms 1:19, 19; 5:10, 13, 13, 19
power 6:13, 13
Lorenz, Konrad 8:26, 49*
Loschmidt, Joseph 6:26
Lovell, Bernard 9:22
Lovell-Badge, Robin 10:19
Lovelock, James 9:39
Low, Archibald 7:42
Lowell, Francis Cabot 6:13
Lowell, Percival 6:37, 7:14, 26, 8:50
Lower, Richard 4:14
Lowry, Thomas 8:10
Lucid, Shannon 10:34
Ludwig, Carl 6:18
Luger, George 7:18
Lukin, Lionel 5:10
Lumière brothers 7:14, 14
Lundström, Johan 6:18
Luria, Salvador 8:34
lutecium (lutetium) 7:27
Luyten, Willem 10:49*
Luzzi, Mondino de' 3:17
Lyceum (Peripatetic School) 2:10, 10–11, 51
Lyell, Charles 5:34, 45
lymphatic system 4:10,
Lejeune, Jérôme 9:13
Lemaître, Georges 7:48–9; 8:14, 48, 48–9*
Lenard, Philipp 7:23
Lenoir, Étienne 6:19, 42, 44
lens (of eye), artificial 9:8
lenses 3:16, 16, 4:28, 29
achromatic 4:24, 31, 39
anamorphic 8:11
grinding 4:14, 24, 49
silvercoating 6:18
lentils 1:18
Lenz, Heinrich 5:39, 6:7
Leonardo da Vinci *see* Vinci, Leonardo da
Leonov, Aleksei 9:26, 26
Lesseps, Ferdinand de 6:30; 7:40, 40
leukemia 6:10; 10:47
leukocytes 7:22
Levassor, Emile 7:20, 20, 21
Levene, Phoebus 7:31; 8:18
levers 2:16; 3:13
Levi-Montalcini, Rita 8:42
Levy, David 10:24
Lewis, George 8:22
Lewis, Gilbert 7:38, 8:10, 14
Lewis, Isaac 7:45
Lewis, Winford 7:42
lewisite 7:42
Lewontin, Richard 9:24
Lexell, Anders 4:42
Leyden jar 4:35, 35, 40
Liang Ling Zan 2:35, 3:22
Libau, Andreas 3:42
Libby, Willard 8:38
lichens 6:27
Li Ch'un 2:34
lidar (light radar) 9:29
Liebermann, Carl 6:27
Liebig, Justus von 5:39, 39
Liebreich, Matthias 6:30
lifeboats 5:10
light
corpuscular theory 4:18, 21, 23, 28, 29, 40, 48
diffraction 5:26
dispersion of 4:15, 15, 21
electromagnetic theory of 6:34, 34
interference 4:28, 29, 29; 5:18
nature of 4:28–9, 48
photovoltaic effect 5:42
polarization 5:22
quantum theory 4:29
reflection 2:50
refraction 2:50, 3:17, 4:28, 29
speed of 4:18, 28, 28, 30, 46, 48, 6:43, 7:10
ultraviolet 5:18, 7:18
wave-particle duality 4:28, 29
wave theory 4:14, 18, 21, 28, 29, 40, 48; 5:26, 26
light bulbs 6:38, 48, 49
light-emitting diode 9:20
lighthouses 4:27; 5:26
Eddystone 4:22, 22, 23, 51
Pharos 2:7, 7
lighting
arc lamps 5:22, 48; 6:35
domestic 5:14
gas 5:15
gas mantle 7:6, 46
high-intensity arc lamp (searchlight) 7:39, 39
incandescent filament lamp 7:30
limelight 5:31
natural gas 1:41
neon tubes 7:31
stone lamps 1:10
lightning 4:34, 38, 40; 10:39
light rays 3:46; 7:22
Lilienthal, Otto 6:38, 39, 7:11, 28, 49*, 51
Lake, Simon 6:29
Lalande, Joseph de 5:14
Lamarck, Jean Baptiste 5:14, 18, 22, 28, 30, 44, 49*, 7:7
Lamb, Willis 8:42
Lambert, Johann 4:39, 42
Lamy, Claude-Auguste 6:47
Lancisi, Giovanni 4:27
Land, Edwin 8:42
land mines 3:30, 31
land speed records 9:32, 10:9, 14, 35, 35
Landsteiner, Karl 7:19; 8:14, 31, 48*
land yacht 3:43, 51
Lane, John 5:17
Lane, Jonathan 6:30
Lane, William Preston, Jr. 9:20
Langen, Eugen 7:22
Langerhans, Paul 6:30
Langevin, Paul 7:27, 39; 8:51
Langley, John 7:19
Langley, Samuel 6:42, 7:15, 29
Langrenus, Michael 4:10; 6:36; 9:44
Lanston, Tolbert 7:6
lanthanum 5:43
Laplace, Pierre-Simon de 4:43; 5:14, 23, 35; 8:38
Lapworth, Arthur 8:6
Laques, Pierre 10:7
Larson, Stephen 9:39
Lartet, Louis 6:27
Lartigue, Charles 6:42, 42
lasers 9:7, 20, 28–9, 31, 10:8, 14, 18, 31
Lassell, William 6:10, 11, 14, 49*
latent heat 4:39
lathes 4:14, 23, 5:18
latitude 2:49, 50; 3:6, 36; 4:36, 37
laudanum 3:36
Laue, Max von 7:34
Laurent, Auguste 6:15
Laurent, François 5:7
Laval, Carl de 6:38
Laveran, Alphonse 6:39
Lavinde, Gabriel de 3:20
Lavoisier, Antoine 4:43, 47–8*, 50, 51; 5:6, 7, 10, 48, 51
law of definite proportions 5:14
law of mass action 6:23
law of multiple proportions 5:19, 47
law of partial pressures 5:18, 47
Lawrence, Ernest 8:22; 9:16, 16
Lawson, Henry 6:39
L-dopa 9:24
Leakey, Jonathan 9:18, 49
Leakey, Louis 9:49*; 10:48
Leakey, Maeve 10:7
Leakey, Mary 8:42, 9:49, 10:48
Leakey, Richard 9:31, 49; 10:12, 48–9*
Leavitt, Henrietta Swan 7:34
Lebedev, Pyotr 7:22
Leblanc, Nicolas 5:11
Le Blon, Jakob 4:26, 27
Lebombo bone 1:42
Lebon, Philippe 5:15
Lecacheux, Jean 10:7
Le Chatelier, Henri 7:7
Leclanché, Georges 7:8–9
Lederberg, Joshua 8:42, 9:6, 11
Lederman, Leon 9:18, 39
Lee, William 3:42, 49*
Legendre, Adrien Marie 5:10, 14
Lehmann, Inge 8:27
Lehn, Jean-Marie 10:18
Leibniz, Gottfried 4:19, 22, 49*
Leishman, William 7:19

paddle wheels 4:22, 50
Page, Charles 5:43; 6:14
Paget, James 5:39
pagodas, iron 2:34, 41, 41
paints, oil based 3:21
Palade, George 9:12
Palitzsch, Johann 4:39
Palladio, Andrea 3:37
palladium 10:24
Pallas, Peter 4:42
Palmer, Charles 7:19
Palmer, Daniel 7:14
Palmieri, Luigi 6:18
Palmkrantz, Helge 7:44
pancreatic duct 4:7
Paneth, Friedrich 7:34
Panhard, René 7:20, 20, 21
pans, nonstick 9:9
pantograph 3:43
pantothenic acid 8:23
Papanicolaou, George 8:15
paper, using 2:42–3
paper chromatography 8:38
paper dress pattern 6:23
papermaking 2:21, 40, 42–3; 5:22
papermills 3:7, 20, 30
papier mâché 4:43
Papin, Denis 4:18, 22, 44, 45, 49–50*
Pappus of Alexandria 2:29, 50*
papyrus 1:27, 48; 2:42
Paracelsus 3:36
parachutes 5:10, 10, 14; 7:34
  pyramid shaped 3:30, 30, 32
paradoxes 2:6, 6, 51
parasol 1:34
parathormone 9:18
parathyroid glands 6:15
parchment 2:21, 42
Paré, Ambroise 3:36, 37
Parker, Eugene 9:12, 13
Parkes, Alexander 6:7, 18, 30
parking meters 8:26
Parkinson, James 5:27
parkinsonism 9:24; 10:19
Parseval, August von 7:22
Parsons, Charles 6:43, 7:18
parthenogenesis 4:35
particle accelerators 8:8, 9, 38, 40, 40; 9:15, 16, 16, 24
particle experiments 10:18
Pascal, Blaise 4:6, 7, 7, 10, 10, 50*; 8:44
Pascu, Dan 10:7
Pasteur, Louis 6:11, 19, 19, 23, 39, 40, 40, 50–1*; 7:6, 6; 8:20, 21
pathology 4:39
Paul, Lewis 4:34
Paul, Wolfgang 9:39
Pauli, Wolfgang 8:9, 11, 19, 47, 49–50*
Pauling, Linus 8:19; 9:6, 7, 10
Paul of Aegina 2:35, 50*
Pavlov, Ivan 7:10, 23, 23, 49–50*
Paxton, Joseph 6:14, 16
Payen, Anselme 5:31, 38, 43
Peacock, George 5:35
peanuts 1:27, 50
Pearce, Louise 7:42
Pearson, Gerald 9:9
Pedersen, Charles 9:19
Peebles, Jim 10:51
Peierls, Rudolf 8:40
Peiresc, Nicolas Claude de 3:43
pellagra 7:38
Pelletier, Pierre 5:27, 30
Pelouze, Théophile 6:10
Peltier, Jean 5:39
Pelton, Lester 6:12, 12, 31
Pemberton, John 7:6
pencil erasers 4:43

observatories 3:16, 21, 42, 47, 51; 4:6, 7, 18, 18, 25; 10:35
  CGRO satellite 10:19
  Greenwich 4:18, 18
  Infrared Space Observatory (ISO) 10:27
  Lick 7:6, 6–7, 10
  Mount Wilson 7:42, 42–3, 48
  Yerkes 7:18
obsidian 1:11, 19
Occhialini, Giuseppe 8:42
Ochoa, Severo 9:12
octant 4:30, 36, 36–7
odometer 3:32
Ohain, Hans von 8:51
Ohm, Georg 5:34
oil 7:19, 35
oil drilling platforms 10:21
oil-drop experiment 7:35
oil lamps 5:7
oil wells 6:19, 19
Olbers, Heinrich 5:7, 18, 22, 26, 34, 50*
Oldham, Richard 7:18, 27
Olds, Ransom 7:6
Oliphant, Mark 8:22
olive oil 1:35, 40; 2:15
olives 1:35
Omar Khayyam 3:7
oncogenes 9:38
O'Neill, Gerard 9:15
Onnes, Heike Kamerlingh 7:30, 34
Oort, Jan 8:14; 9:6, 6, 50*
ophthalmology 2:40, 40
ophthalmoscope 6:14, 48
optical activity 5:27; 6:11, 50
optical fiber 9:14
  telephone link 9:41
optical pumping 9:6
optic nerves 3:37
optics 2:50–1; 3:6, 16, 16, 46
  see also light
Oresme, Nicole de 3:20
Orfila, Matthieu 5:26
organic chemistry 6:15, 19
organic compounds 5:35, 38
organic reactions 10:48
organic synthesis 7:22
organs (musical instrument) 2:41, 47, 49; 8:23
Oribasius 2:28
ornithopter 3:30, 32, 33
orrery, clockwork 4:27, 27
Ørsted, Hans 5:30, 30, 31, 6:24, 25
Ortelius, Abraham 3:36
Osann, Gottfried 5:35
oscillators, backward wave 9:48
Osiander, Andreas 3:40
Osler, William 6:34
osmosis 5:34, 34
osteopathy 6:34
Ostriker, Jeremiah 10:51
Otis, Elisha 6:15, 15, 50*
Ott, Hans R. 10:22
Otto, John 5:19
Otto, Nikolaus 6:35, 44, 46
Oughtred, William 3:11, 43; 8:44
Owen, Richard 5:28, 28; 6:6, 15
oxidative phosphorylation 9:19
oximes 6:38
oxygen 4:43, 48, 49, 50, 51; 7:14, 47; 8:18, 23
oxygène 4:48
oxytocin 7:30; 9:7
ozone 6:6, 18
ozone layer 7:35; 10:12, 12, 21

P

Pacioli, Luca 3:10, 11, 30
paddleboats 2:29; 5:7, 11, 22, 22, 48; 6:8, 46

Nieuwland, Julius 8:6
Nightingale, Florence 6:22
nilometer 1:26, 48
Nilson, Lars 6:32
Nipkov, Paul 8:12
Nirenberg, Marshall 9:19
nitrates 6:6
nitric acid 3:48; 5:10, 47
nitric oxide 10:13, 48
nitrification 7:10
nitrocellulose (guncotton) 6:10, 50; 7:44, 47
nitrogen 4:43, 5:38, 39; 6:6, 38, 43, 7:19, 43, 50, 51
nitroglycerin (trinitroglycerol) 6:11, 23, 50
nitrous oxide (laughing gas) 4:50; 5:6, 15, 48; 6:7; 7:36
Nobel, Alfred 6:23, 27, 50*
nobelium 6:50; 9:12
Nobile, Umberto 8:14
Noble, Richard 10:9
Noddack, Walter 8:11
Noether, Emmy 7:42; 8:7
Nollet, Jean Antoine 4:35, 35
Nordenfelt, Torsten 7:44
norepinephrine (noradrenaline) 8:39
norethindrone 9:9
Norman, Robert 3:42
Norris, Kenneth 9:18
Norrish, Ronald 8:43
Northedge, Ron 10:42
Northrop, John 8:19
novas 4:48; 9:25; 10:38
Noyce, Robert 9:15, 32, 37
nuclear fission 7:46; 8:22, 30, 34, 40–1
nuclear fusion 8:30; 10:13, 19, 19, 43
nuclear magnetic resonance (NMR) 8:39, 49
nuclear physics 7:50
nuclear powered vessels 9:9, 14, 15, 20, 27
nuclear power plants 9:9, 14, 15; 10:21
nuclear reactors 8:34, 34, 35, 38, 40, 42, 47; 9: 6, 7, 8, 15
  radioactive fallout 10:13, 13
nucleic acids 6:39
nucleohelicates 10:18
nucleons 8:9
numbers 1:24–5, 26
  complex 5:15, 19
  imaginary 5:6
  irrational 6:31
  large 2:21
numbers (cont.)
  laws of 5:35
  negative 2:15
  prime 2:14, 48, 8:27, 10:7
  transcendental 6:14, 34
  transfinite 6:35
number systems 1:51; 2:32
  base 10 system 2:32, 34
  binary 2:32
  decimal 1:48, 3:48, 51
  nonpositional 1:40, 48
  place value (positional) 1:34, 47; 2:7, 24–5, 32, 40, 3:10
number theory 2:20
numerals 2:32, 40, 41, 49
Nuñez Regueiro, Manuel 10:22
Nuttall, George 7:11
nylon 8:24

O

Oatley, Charles 9:20
oats 1:41
Oberth, Hermann 8:10, 16, 17

5:39
Murdock, William 5:10, 14; 7:20
Murphy, John 7:26
Murphy, William 8:10
music 2:31; 3:6, 49
  synthesizers 9:21, 21
muskets 3:24–5; 5:51
Musschenbroek, Pieter van 4:35, 35
myoglobin 8:22; 9:18, 48
myxedema (goiter) 6:42

N

Naarmann, Herbert 10:13
nanotechnology 9:15
napalm 8:34
Napier, John 3:10, 10, 11, 11, 42, 43, 47, 50*; 8:44
Nasmyth, James 6:49
Native Americans 1:50*
Natta, Giulio 9:13
natural history 2:20, 50, 5:38
Nautical Almanac 4:42
Navarro, Pedro 3:31
navigation 3:17, 4:27, 30, 34, 36–7
nebulas 3:43, 4:30, 31, 38, 6:26, 49, 7:34, 38, 42, 8:23; 9:7
Neckam, Alexander 3:12, 18, 50*
Neddermeyer, Seth 8:9
Neel, Louis 8:19
negative feedback amplifier 8:15
Neilson, James 4:33; 5:34
Nelson, Erik 8:11
Nemorarius, Jordanus 3:13
neodymium 7:6
neon 7:18, 42, 51; 8:46; 10:39
neoprene 8:19
nephrectomy 6:31
Neptune 5:14, 30, 6:10, 49; 8:42; 9:35; 10:7, 12, 19
neptunium 8:31
Nernst, Walther 7:7, 23, 27, 42; 8:49
nerve cells 9:6
nerve growth factor 8:42
nerves 5:23, 38, 6:7, 11, 14, 15, 34, 48; 7:19, 38
nerve structures 4:49
Neugebauer, Gerry 9:25
Neumann, Franz 6:10
Neumann, John von 8:15, 38, 45
neutrinos 8:9, 19, 47, 50; 9:12, 18
neutron 7:50, 8:7, 9, 22
neutron bomb 9:41
neutron number 6:32
neutron stars 9:25
Newbold, Charles 5:14, 16
Newcomen, Thomas 4:26, 44, 44–5, 45, 46, 49*, 50; 5:51
newspapers, printed 2:34, 43; 3:31
Newton, Isaac 4:14, 15, 18, 19, 20–1, 23, 24, 25, 28, 29, 46, 47, 48, 49; 6:51; 8:17
newton (unit of force) 4:21
niacin (nicotinic acid) 7:38; 8:27
Nicholas of Cusa 3:26, 41, 50*
Nicholson, Philip 10:30
Nicholson, Seth 8:30; 9:6
Nicholson, William 5:18
nickel 4:38; 7:10
Nicolle, Charles Jules 7:30
Nicomachus of Gerasa 2:20
Nicot, Jean 3:45, 5:23
nicotine 3:44, 5:23, 7:23
nicotinic acid (niacin) 7:38, 8:27
Niépce, Joseph 5:32, 32, 34

Miyaoka, Yoichi 10:18
mobile (cellular) phones 9:41; 10:8, 9
Modjeski, Ralph 8:14
Mohenjo-Daro 1:50; 2:18–19
Mohs, Friedrich 5:30
Moissan, Henri 7:11, 49*
Moivre, Abraham de 4:27, 31
Moldelbe, Alois Negrelli von 6:30
molecular orbital theory 8:22
molecular weights 6:19
molecules 9:7, 48
Molina, Mario 9:30
molybdenum 4:51; 5:7; 9:16, 51
momentum, conservation of 4:14
Mond, Ludwig 7:10
Mondeville, Henri de 3:17
money 2:29, 40, 41, 43; 3:7
Monge, Gaspard 5:10, 36
Monier, Joseph 6:11
Moniz, António de Egas 8:15, 26
monoclonal antibodies 9:38
Monod, Jacques 9:18
Monopoly (game) 8:26
monorail systems 9:8
monotype machine 7:6
Montagnier, Luc 10:7, 47, 49*
Montagu, John, Earl of Sandwich 4:39
Montgolfier brothers 5:7, 7, 49–50*
Moog, Robert 9:21, 21
Moon 3:43, 6:6, 34, 36, 39; 9:13, 44–5
  distance to 2:15, 46, 49, 4:39
  eclipse of 3:50
  landings 9:27, 32, 32, 33, 42–3
  mascons 9:44
  navigational tables 4:37
  radar reflections 8:39
  space probes 9:15, 20, 26, 27, 32, 44–5; 10:20, 27, 35
moondials 3:36
Moore, Stanford 9:6
Moo-Young Han 9:24
Morgagni, Giovanni 4:39
Morgan, Augustus de 6:10
Morgan, Garrett 7:38
Morgan, William 9:6, 10:49*
Morgenstern, Oskar 8:38
Morley, Edward 7:7
morphine 8:10
Morrison, Charles 4:38
Morse, Samuel 5:42, 42–3, 48, 50*; 6:7, 24, 25
Morton, Thomas 7:6
Morton, William 6:7, 7
Mosander, Carl 5:43; 6:7
Moseley, Henry 7:35
Mössbauer, Rudolf 9:13, 49*
motion, laws of 4:20, 20
Motonori Matuyama 8:18
motorcycles 6:30; 7:6
Moulton, Alex 9:14
mouse lemurs 10:39
movies 6:48, 9:9
moxibustion 2:31
Mudge, Thomas 4:38, 42
Müller, Alex 10:13, 22, 46, 49, 50*
Müller, Erwin 9:9
Müller, Hermann 8:14
Müller, Johann 4:37
Müller, Paul 8:31
Mullis, Kary 10:7, 50*
Mumford, E. R. 8:28
Münster, Sebastian 3:36
muon 8:9, 27
Murchison, Roderick

metal rolling 4:22
metals 1:38–9
metalworking 2:40, 3:17
Metchnikoff, Élie 6:43, 7:22
meteorites 1:38; 5:18, 23, 10:6, 18, 19, 30, 30, 38, 46
meteorology 2:10
meteors 5:22; 7:50
meteor showers 6:23, 26, 27, 31
methanal (formaldehyde) 6:27
methane 1:41; 5:7, 48, 10:36
  liquid 9:15
methanoic (formic) acid 4:42, 51
methanol (methyl alcohol) 10:25
methyl isocyanate 10:12
metric system 4:49; 5:14; 6:26
metronome 5:26
Meyer, Viktor 6:31, 38, 42, 43
mezzotint printing process 4:7, 26
Michaelis, Leonor 7:35
Michaux, Pierre 6:23, 30
Michelangelo 3:42
Michell, John 4:39, 5:7
Michelson, Albert 4:28, 28; 6:43; 7:7; 8:49
Michener, Percy 9:21
micrometer eyepiece 4:7, 15
microorganisms 4:22
microphones 6:39, 46, 48
microprocessor chip 10:27
microprocessors, single-chip 9:32
microscopes 4:49, 6:31
  atomic force 10:14, 21
  compound 3:42, 4:47–8
  electron 8:34, 51; 9:20
microscopes (cont.)
  field ion 9:9
  phase-contrast 8:22
  positron 10:15
  scanning tunneling 10:8, 46, 50
microwave ovens 8:39, 9:27
microwave radiation 8:39
Midgley, Thomas 8:7, 18
Miescher, Johann 6:30
Milemete, Walter de 3:20
milk, synthetic 10:15
Milky Way 7:10; 8:7, 7, 10, 14, 46; 9:6, 38, 50, 10:49
Mill, Henry 4:27
millennium bug 10:35
Miller, Dayton 7:30
Miller, Jacques 9:19
Miller, Patrick 5:11
Miller, Phineas 5:51
Miller, Stanley 9:7
Miller, Wade 10:13
Miller, William 6:26
millet 1:18
Millikan, Robert 7:35, 39; 8:10, 49*
millrace 2:36
Mills, William 7:38
Milstein, César 9:38
minerals 2:7
  catalog of 4:35
  formation of 3:37
  scale of hardness 5:30
mineral water, aerated 4:34
miner's safety lamp 5:26, 48, 50
mines (explosive devices) 5:47
Minot, George 8:10
mirrors 1:19, 35, 48, 49, 51; 2:17, 27, 49, 4:25
mirror sextant 4:34
Mises, Richard von 8:15, 19
Mitchell, Peter 9:19
Mitchell, Reginald 8:27
mitosis 6:35, 35

electric 6:43, 43
elevated 6:34
Great Western Railway 6:46
gyrostabilized monorail 7:30
Japan 9:21
Liverpool & Manchester Railway 5:24, 24–5, 34, 50
monorail 6:42, 42
Philadelphia & Columbia 5:24
signals 6:6
South Carolina 5:24
Stockton & Darlington Railway 5:24, 31, 31, 50
suspended monorail 7:22
Trans-Siberian 7:39, 10:20
turntable 4:38
Union Pacific 6:30
see also steam locomotives, subways, trains
Rainwater, James 9:6
Raleigh, Walter 3:44
Raman, Chandrasekhara 8:15
Ramapithecus 8:22
Ramelli, Agostino 3:26–7
Ramsay, William 7:14, 14, 15, 18, 23, 51
Ramsden, Jesse 4:43
Randall, John 8:31, 33
Rankine, William 6:19
Ransome, Robert 5:10, 16
Raphus cucullatus 4:18
rare earth metals 7:46
rare gases 7:51
al-Rashid, Harun 2:40
Rathke, Martin 5:34
Ravenscroft, George 4:14
Ray, John 4:19, 19, 22, 22
Rayet, Georges 6:27
rayon 7:11, 8:24, 24
razor blades 7:15, 15
reaction kinetics 9:50
Read, Albert 7:43
reapers 5:16–17, 38, 6:16
Reaumur, Rene Antoine Ferchault de 4:27, 31, 38
Reber, Grote 8:27, 34; 9:22, 23
Rebstock, Mildred 8:42
Recorde, Robert 3:10
record keeping 1:11, 50, 51
rectifiers 9:36
Rees, Martin 10:50*
refraction 4:15, 28, 29
see also telescopes
refrigerators 6:35, 47, 49, 7:42; 10:34
Regiomontanus (Johann Müller) 3:26, 27, 27, 28, 38, 50, 50–1*, 4:37
Regnault, Henri 6:6, 51
Reibel, Colonel 7:45
Reichstein, Tadeus 8:23
Reines, Frederick 9:12
Reinmuth, Karl 8:22, 30
Reitsch, Hanna 8:28
Reitsema, Harold 10:7
relativity 7:10, 26, 26, 38, 47
remote-control systems 7:38
Remsen, Ira 6:38
Renaldini, Carlo 4:22
Renard, Charles 7:24
reserpine 9:6, 13, 51
resistance, electrical 6:7
respiration 5:6, 7
Restriction Fragment Length Polymorphism 10:41
retinoblastoma 10:13
retinol (vitamin A) 7:35, 8:19, 23
retroviruses 10:47, 49
reverse transcriptase 9:30
revolvers 5:39, 40–1, 47, 6:15, 17
Reynolds, Osborne 6:43
Rhazes (al-Rhazi) 2:38,
Pythagoras 1:34, 47; 2:6, 30, 38, 46, 50–1*

Q

quadrant 3:16, 47, 4:30, 36, 36
quagga 6:42
quantum chromodynamics (QCD) 9:31
quantum electrodynamics 8:9, 35, 43
quantum Hall effect 10:6, 48
quantum mechanics 10:47
quantum theory 4:29; 7:19, 47, 50; 8:15
Quare, Daniel 3:23, 4:18, 22
quarks 9:18, 19, 24, 48
quartz 1:12
quasars 9:18, 18, 30; 10:50
quasicrystals 10:12
quaternions 6:7
Queen Elizabeth (steamship) 9:32
Queen Elizabeth 2 (steamship) 9:26
Queen Mary (steamship) 8:23
Queloz, Didier 10:25
Quick, Armand 8:22
Qui-Lim-Choo 10:19
quinine 4:6; 5:30; 6:51; 8:38; 9:51
quinoa (pigweed) 1:50

R

rabies 6:51; 7:6, 6
radar 7:43; 8:26, 30, 31, 32–3, 9:8
radiation 5:18; 7:19, 31
radio 7:12, 13, 49
amplitude modulation 7:13, 26; 8:47
broadcasts 8:6, 7, 47
clockwork 10:21
crystal detectors 7:13, 22
digital FM 10:27
frequency modulation 7:13
heterodyne circuit 7:34
superheterodyne circuit 7:42
transistor 9:9
transmitters 7:43
transatlantic transmissions 7:22
radioactivity 7:14, 9:14, 15, 41
tracers 7:34
radiocarbon dating 8:38
radioimmunoassay (RIA) 9:6
radio interferometer 9:12, 22, 22, 38
radioisotopes 8:23, 10:13
radiolocator 7:43
radiotelegraphy 7:12
radiotelephony 7:12, 13, 12, 46
radio telescopes 8:27; 9:13, 22–3, 23, 23, 33, 38
large arrays 10:7, 7, 24, 38
radio valves, *see* vacuum tubes
radio waves 7:7, 12, 22, 48
from space 8:19, 38
radium 7:18
radon 7:19, 50, 51
Rahn, Johann 4:11
railcar, steam powered 6:10
railroads 6:19, 25, 51
Baltimore & Ohio 5:24
beginning of 5:24–5, 50
Birmingham & London 5:50
Canadian Grand Trunk Pacific Railway 7:38
east west trans Australian 7:42
printing, development of 3:27, 28–9, 47
electrotyping 5:42
four-color 4:27
linotype 6:43
lithography 5:14, 15
metal type 3:20, 20, 26
mezzotint process 4:7, 26
movable type 3:6, 6, 17, 26, 28, 49
photogravure 7:15
stereotype 4:30
web-fed rotary press 6:26
wooden blocks 3:26, 28
printing presses 2:43, 3:27, 28, 31, 48, 49, 5:18, 23
print works 3:37
prions 10:7, 50
prisms 4:15, 15
probability 4:11, 27; 5:23, 8:7, 15, 19
Proclus of Constantinople 2:29, 50*
Proconsul africanus 8:42
Proctor, Richard 6:34
progesterone 8:23
Prokhorov, Aleksandr 9:7, 28
promethium 8:42
propellers, screw 5:39, 39; 6:50
proportions, theory of 3:20
propranolol 9:46
prostate gland 2:7, 49
protactinium isotope 7:35
Protarchaeopteryx 10:31
protein fibers 8:14
proteins 7:22, 27, 9:6, 7, 10, 50
protein sequencing machine 10:9
proton acceptor 8:10
proton linear accelerator 10:46
protons 8:8, 9:19
protoplasm 5:42
protozoa (protists/protozoans) 4:22; 6:10, 10, 40
Proust, Joseph 5:14
Prout, William 5:26, 30
Prusiner, Stanley 10:7, 50*
prussic acid 4:42, 51
psychoanalysis 7:6, 48
psychology, physiological 6:34
Ptolemy 2:21, 29, 39, 40, 41, 49, 50, 50*, 51; 3:12, 26, 40, 50, 51
Ptolemy IV 2:15
Puckle, James 4:27; 7:44
pulleyblock-making machines 5:19
Pullman, George 6:19
pulmonary bypass 8:38
pulsars 9:24, 25, 46, 31, 31
pulsejet engine 8:31
pumps 4:27
air/vacuum 4:11, 16, 17, 17, 23, 46
mercury vapor (diffusion) pump 4:16, 17
steam 4:22, 49, 50
punched cards 7:10; 8:44, 44
Pupin, Michael 7:19
Purcell, Edward 8:39
Purcelli, Piero 8:11
purine 7:18
Purkinje, Jan 5:38, 42
Pylarini, Giacomo 4:23
pyramids
Egyptian 1:27, 27, 32–3, 34, 48, 49
Mayan 2:35
Mesoamerican 2:12–13
pyrethrum 2:21
pyridine 6:42, 42
pyridoxine 8:30
pyrimethamine 9:6, 47
plows 1:26, 28, 29, 51
cast-iron 5:14, 16, 27
steam 5:16
steel 5:42, 6:10
plowshares 1:35, 48, 5:10, 16
Plücker, Julius 6:18; 7:16
Plumier, Charles 4:23
Plunkett, Roy 8:30
Pluto 6:39; 7:14; 8:18, 18, 50; 9:39; 10:18
plutonium 8:31, 9:16, 51
Po, Fernão do 3:27
Poehler, Theodore 10:34
Poincaré, Jules Henri 7:15
Poiseuille, Jean-Louis 5:27
Poisson, Simeon 5:22, 42
Polanyi, Michael 9:47, 50*
polarography 7:43
Polhem, Christoph 4:22, 34
poliomyelitis (polio) 8:43, 48; 9:6, 7, 7, 13, 13
polonium 7:18
Polyakov, Valeri 10:27, 27
Polycrates 2:48
polyethene 8:27; 9:7
polyethylene terephthalate (PET) 9:38
polyethyne 9:38; 10:13, 18
polymer, biodegradable 10:18
polymerase chain reaction (PCR) 10:7, 41, 41, 50
polymerization 7:19
polypeptides 7:22
polypropene 9:13
polyurethane plastics 8:34
polyvinyl chloride (PVC) 6:41, 8:19
Poncelet, Jean Victor 6:12
Poniatoff, Alexander 9:14
Ponton d'Amecourt, Gustave de 8:28
Pope, William 7:19
Popov, Aleksandr 7:12, 49
porcelain 3:7, 31; 4:26
Porsche, Ferdinand 8:30, 30
Porta, Giacomo della 3:42
Porter, George 8:43
positron 8:9, 14, 22
Post-it Notes 9:33
potassium hypochlorite 5:11
potatoes 1:26, 50; 3:37, 44–5
potter's wheel 1:20, 20, 26, 50, 51
pottery 1:18, 18, 26, 28, 3:7, 13
Powell, Cecil 8:42
Power, Henry 4:10
powerboats 10:20, 26
power plants 6:42, 48, 51, 7:51; 9:8, 9, 14, 15, 10:9, 21
Poynting, John 7:11, 8:46
praseodymium 7:6
Prather, Victor 9:20
Pratt, John 6:18
Praxagoras of Kos 2:7
Prescott, John 9:18
pressure cooker 4:18, 49–50
pressure gauge 5:9, 27
pressure in liquids 4:7, 50
pressure melting effect 6:22
pressurized water reactor 9:20
Prestel 9:41
Priestley, Joseph 4:42, 42, 43, 48, 50*, 51; 5:6, 49
prime numbers 2:14, 48, 8:27, 10:7
printed circuits 8:35
printers 9:32, 33, 40, 40
photosynthesis 8:38, 9:13, 13, 47
photovoltaic cells 10:26–7, 27
phrenology 5:15, 15
pianoforte 4:30, 30
Piazzi, Giuseppe 5:18, 50
Picard, Jean 4:15
Piccard, August 8:43
Piccard, Bertrand 10:35
Piccard, Jacques 9:20
Pickard, Greenleaf 7:13, 22
Pickering, Edward 7:11, 32
Pickering, William 7:19
Pictet, Amé 7:23
Pierce, John 9:48
piezoelectric effect 6:39
Pigott, Edward 5:10
pigs, domestication 1:11, 22, 23
Pilâtre de Rozier, Jean-François 5:7, 49
Pilcher, Percy 7:28
Pilkington, Lionel 9:14
Pinchbeck, Christopher 4:30
Pinzon, Vincente 3:31
pion 8:42
Pira, Raffaelle 7:36
Pirquet, Clemens von 7:26
pistols 3:31; 5:40, 47, 7:18, 10:15
Pitman, Isaac 5:39, 39
Pitot, Henri 4:31
Pizarro, Francisco 3:36
plague 3:20, 20, 21
Planck, Max 4:29; 7:19, 46, 47, 50*, 8:49; 10:48
planetoids 10:39
planets 3:40, 50, 51; 6:11; 10:39
atmospheres 8:26
catalogs 1:34
extrasolar 10:25
motion 2:30; 3:42, 43, 4:6
orbits 3:7, 48, 51, 4:14, 43, 46, 47, 48, 5:22, 31
retrograde motion 2:46
space probes 34–5
see also Earth; Moon; *and individual planets*
Planté, Gaston 6:19; 7:9
Plantin, Christophe 3:37
plants 2:51; 3:21, 43, 4:22, 22, 23, 23, 43; 5:34, 6:6, 7
central nucleus 5:38, 38
chloroplasts 6:26
classification 2:7, 3:42, 4:34, 34, 49; 5:42
domestication 1:17
gas exchange in 7:15
haploid/diploid 7:14
medicinal use 2:48, 3:21, 7:36
mutations 7:7
nitrogen 5:39; 6:6
photosynthesis 5:7, 27, 43; 6:23
physiology 4:30
sap circulation 6:11
species 4:19, 19
taxonomy 5:23
Plaskett, John 8:7
plasmids 9:6, 11
Plasmodium 6:41
plaster casts 6:15
plaster of Paris 2:39, 40
plastics 5:38; 6:31; 8:34, 35
biodegradable 10:18
plastic surgery 5:26
Plateau, Joseph 5:38
platelets (thrombocytes) 6:34
platinum 4:34
Plato 2:7, 7, 10, 10–11, 48, 50*, 50, 51
Playfair, John 2:29, 50
Plimsoll line 6:34
Pliny the Elder 2:20, 50*
Pliny the Younger 2:20, 50; 3:18
pencils 3:30; 5:14
pendulum clocks 4:7, 11, 12, 13, 48
pendulums 3:42; 4:8, 12; 6:14
gridiron 4:12, 30
mercury pendulum 4:12, 30
penicillin 8:15, 20–1, 31, 39, 48; 9:48
pens 5:46; 8:30; 9:20
Penzias, Arno 8:48, 9:19, 19
pepsin 8:19
Pequet, Jean 4:10
percussion caps 5:19, 40, 47
percussion (diagnostic) 4:38
Peregrinus, Petrus 3:16, 19
Perestrello, Rafael 3:39
Perey, Marguerite 16; 8:30, 50*
perfume 1:35
Pericles 2:46
Perignon, Dom Pierre 4:14, 15
periodic table 6:32–3
period luminosity law 7:34
periscope 6:29
Perkin, William 6:18, 51*
Perl, Martin 38
permutations 3:17
pernicious anemia 6:18
Perrelet, Abraham Louis 4:43
Perrier, Carlo 8:27, 9:16, 51
Perrier, Jacques 6:8
Perrin, Francis 8:40
Perrin, Jean 7:14, 16, 30
Perrine, Charles 7:23
Perrine, Susan 10:24
Perronet, Jean 4:43
personal computers 9:40, 40–1, 41; 10:8, 9, 9, 10–11, 47, 51
personality 8:31
perspective 3:26; 4:27, 27
Perthes, Georg 7:22
Perutz, Max 9:7, 13, 48, 50*
Pescara, Raul Pateras 8:28
pesticides 9:19, 38, 38, 10:12
Petit, Alexis 5:27
petroleum 2:34
petroleum jelly (Vaseline) 6:31
Peuerbach, Georg von 3:26, 50*, 51
Pfister, Albrecht 3:27
Pfospeundt, Heinrich von 3:26
pH 7:31
phagocytosis 6:42, 42
phenacetin 7:36
phenol (carbolic acid) 6:27, 49
phenolphthalein 6:31
Phidias 2:8
Phillips, Leslie 9:21
Philo of Byzantium 2:14
phlogiston 4:15, 22, 48–9, 50, 51
Phoenicians 1:50–1*
phonocardiograph 10:19
phonograph 6:38, 38, 48
phosphorus 4:15, 48
photocell 10:21
photocell scanner 7:22
photocopying 8:27, 27, 46
photoelectric cells 7:14
photoelectric effect 7:23, 26, 39, 47, 50, 8:47
photography 5:32–3, 34, 43
calotype process 5:39
in deep water 10:14
instant color 9:19
photo CD disk 10:21
photometer 6:47
photons 8:14, 47
photophone 6:46

size of 4:46
Sun-centered 2:46
solar wind 9:*12*, 13, 20; 10:30, 34, 42
solar X ray satellites 10:21
solar year, length of 3:21
Solvay, Ernest 6:23
somatotropin 8:38; 10:6
Somerville, Mary 5:35
Sommerfeld, Arnold 7:38, 46
Sommering, Samuel von 5:22; 6:24
sonar 7:39
Song, Xiaodong 10:25
Soranus of Ephesus 2:21
Sörensen, Sören 7:31
Soubeiran, Eugene 5:38
sound 4:11
speed of 5:34; 6:27, 7:7
waves 6:38, *38*
sound recording 7:30; 8:23
Southern blotting 10:41
south-pointers 3:18, *18*
soybeans 1:40; 10:15
space
no boundary proposal 10:48
radio sources 9:6, 12, 22, 30
spaceflights 8:36, 9:20, *21*, 26
commercial 10:43, *43*
space probes 9:*34–5*, 10:9, 35
see also asteroids, comets, Moon
space shuttles 10:*16–17*, 20, *20*
Atlantis 10:14, 16, 19, 27, 34
Challenger 10:9, 14, 16, *16*
Columbia 10:8, 8, 9, 16, 17, 28, 35, 42
Discovery 10:16, 17, 20, 28, 31, *31*, 43
Endeavour 10:17, 26, 28, 35
Enterprise 10:9, 16
space stations 9:33, 41, 10:8, 14, 15, *15*, 17, 27, *27*, 35, 42, 43
Spallanzi, Lazzaro 4:42; 5:7
spark plugs 6:42
spears 1:10, 2:6
spear-throwers 1:11
spectra 6:47; 7:35
analysis of 6:22, *22*
atomic 6:15
solar 5:18, 26, 7:6
of stars 6:31, 7:32
spectrograph 7:17
spectroscope 5:26, 7:42
speculum 4:25
speedboats 7:27, 10:15, 46
Spemann, Hans 10:32
Spence, Peter 6:10
Spencer, Percy 8:39
spermatozoa (sperm) 4:18; 6:6
Sperry, Elmer 7:30, 34, 39, *39*
spinning 1:*19*, 41
spinning frame 4:42
spinning jenny 4:39, *39*; 5:12, *12*
spinning machine, water powered 4:34
spinning mule 5:6, 12
spinning wheel 1:21, 47; 3:6; 5:12, *12*
spirit level 4:14
spontaneous generation 6:50
Spörer, Gustav 6:19
Sprague, Frank 6:43, *43*
Sprengel, Hermann 4:16, 17
Sputnik 9:9, 14, *14*, 15,
sighting rod 3:7
Sikorsky, Igor 7:35, 8:28, *29*, 38
silicon 5:31, 46, 9:36, 51
silicon chips 8:45; 9:20, 10:9
silicon dioxide aerogel 10:18
silicone plastics 8:35
silicon solar cells 9:9
silk industry 3:17
Silk Road 2:35; 3:38
silos 7:10
silver 1:38; 3:26
silver salts 4:30, 51
silver sulfide 3:26
Simon, Gustav 6:31
Simon, Theodore 7:26
Simond, Paul Louis 7:19
Simpson, Thomas 4:35
Simpson, James 6:7, 11; 7:36
sinan 2:20, 30
Sinclair, Clive 10:8, 10, 51*
Singer, Isaac 6:14
Sinjou, Joop 9:41
Sinsheimer, Robert 10:12
Sivapithecus 10:7
skin, artificial 10:18
skin disorders 7:18
Skinner, B. F. 8:23
skis 1:18
skydiving 10:42
skyscrapers 7:6, *6*
slag 1:38, 49
sleds, wooden 1:18
sleeping pills 7:22
sleeping sickness 6:40, 7:14, 42
slide rules 3:11, 43, 50; 5:27, *27*
slingshot 2:27
Slipher, Vesto 7:34, 8:6, 6, 49
Slocum, Joshua 7:18
Smalley, Richard 10:12
smallpox 2:39, 40, 51; 3:30; 4:23, 30; 9:39
Smeaton, John 4:38, 42, 51*
smelting 4:26, 31, *32–3*, 46
Smith, Brad 10:6
Smith, Edwin 1:49
Smith, George 9:27
Smith, Horace 5:41; 6:15
Smith, J. L. B. 8:30
Smith, Lowell 8:11
Smith, Theobald 7:10
Smith, William 5:26, 28
Smithson, James 6:10
Smithsonian Institution 6:10
smoking 3:44–5; 9:6
Snell, Willebrord 4:28, 29, *29*
Snow, John 6:15
snow scooter 9:14
snowshoes 1:27
soap 1:27, 51
Sobrero, Ascanio 6:11
Socrates 2:50
soda (sodium carbonate) 5:11; 6:23
soda water (club soda) 4:34, 50; 5:46
Soddy, Frederick 7:35, 50
sodium silicate 4:7
sodium thiosulfate 5:27, 32
solar atmosphere, elements in 8:15
solar cells 10:6, *26*, 34
solar flares 6:19, *19*; 9:13
solar powered aircraft 10:8, 9, 35
solar system 2:46; 7:43, 8:38
clockwork orrery 4:27, *27*
Earth-centered 3:46, 50
nebular hypothesis 5:14
photographs of 10:20
seed drills 1:40, 2:20; 4:23, *23*, 5:16
Segner, Johann 4:38
Segrè, Emilio 8:*27*, 31, 9:12, 16, 51*
Seibert, Florence 8:30
seismographs 2:*20*, 21, 30; 6:18, *18*; 7:26
Seki, Kowa 4:19
Seki Tsutomu 9:24
Sela, Michael 10:7
selenium 5:27, 46; 10:13
Selfridge, Lieutenant Thomas 7:51
Sellers, William 6:*23*
Semenov, Nikolai 8:15
Semi Automatic Ground Environment system 9:8
semiconductors 9:14, 32, *36–7*, 47, 51; 10:*26*
Semiramis 1:35
Semon, Waldo 8:19
Senefelder, Aloys 5:14
Sennacherib 2:6, 51*
Senning, Åke 9:15
Sequeira, Lopez de 3:39
sequoia 6:15
Sergius Orata, Gaius 2:14
set squares 1:27
Setter, Karl 10:6
sewing machines 5:35, *35*; 6:10, *10*, 14
sewing needles 1:*10*, 11
sextants 3:*37*, 51, 4:34, 36, *36*, 37
Seyfert, Carl 8:35
shadufs 1:35, *35*, 49
Shanks, William 6:34
Shannon, Claude 8:42
Shapiro, Irwin 9:30
Sharman, Helen 10:21
Sharp, Abraham 4:26
Sharp, Phillip 9:38
Sharpey Schafer, Edward 7:14
shavers, electric 8:15, *15*
Shaw, Louis 8:15
Shaw, Percy 8:23
Shay, Ephraim 6:38
Shechtman, Dany 10:12
sheep, domestication 1:10, 22, 23, 50
Sheffield plate 4:34
Shelford, Victor 8:30
Shelton, Ian 10:13
Shen Kua 3:6, 18
Shepard, Alan 9:20
Sherrington, Charles 7:19
Shiga, Kiyoshi 6:40; 7:18
Shin Tsung 2:41
ships 1:46, 48, 3:34, *34*; 4:50
Atlantic crossings 5:43
automatic pilot 7:34
diesel engined 7:27
Liberty ships 8:31, *31*
nuclear-powered 9:14, 15, 27
propeller driven 6:10
wind assisted commercial vessels 10:8
see also boats; warships
ship's log 3:37
Shockley, William 8:42, 9:8, 36, 46, 47, 51*
Shoemaker, Carolyn 10:24
Short, James 4:25
shorthand 3:42, 5:39, *39*
Showalter, Mark 10:19
shrapnel 3:12, 24
Shrapnel, Henry 5:19
Shreve, Henry 6:9
Shumway, Norman 9:25
sickle-cell anaemia 10:24
sickles 1:*28*
Sidgwick, Nevil 8:14
Siebe, Augustus 5:27
Siebold, Karl 6:10
Siegbahn, Karl 8:11
Siegen, Ludwig von 4:7
Siemens, Werner von 6:42
Siemens, William 6:26
resources satellite 9:33
Röntgen (ROSAT) 10:19
solar X rays 10:21
Saturn
moons 4:11, 15, 19, 48, 5:11, 49, 6:11, 49, 7:19; 9:24, 39; 10:6, 7, 19, 39, 43
rings 4:*10–11*, 11, 18, 24, 46, 48; 5:43; 6:14, 18, 49; 7:15; 10:6, 12
space probes 9:35, *35*, 41; 10:6, 7, 8, 19, 43
Sauerbronn, Karl Drais von 5:27
Saussure, Horace de 5:6
Saussure, Nicolas de 5:23
Sauvage, Nicolas 4:7
Savery, Thomas 4:22, 26, 44, *44*, 45, 49, 50*
Savitskaya, Svetlana 10:9, 14
sawmills, water powered 2:28
saws, flint 1:19, *19*
Sax, Adolphe 6:10
saxophone 6:10
scandium 6:32
Schawlow, Arthur 9:28
Scheele, Karl 4:42, 50, 50–1*; 5:6, 7, 32
Scheiner, Christopher 3:43, *43*, 4:24
Scherrer, Paul 7:38
Schiaparelli, Giovanni 6:*26*, 27, 36, 37, 38, 7:10, 50*
Schick, Béla 7:35
Schick, Jacob 8:15, *15*
Schickard, Wilhelm 3:43
Schiff, Moritz 6:42
Schilling, Pavel 6:25
Schimper, Andreas 6:39
schizophrenia 8:18, 27
Schmidt, Johann 6:36, 38, 9:44
Schmidt, Maarten 9:18
Schmidt, Paul 8:31
Schmidt, Wilhelm 7:18
Schneider, Joseph 6:26
Schoenheimer, Rudolf 8:26
Schöffer, Peter 3:27, 28, 48, 49
Schönbein, Christian 6:6, 10
Schöner, Johannes 3:31
Schrieffer, John 9:46
Schrödinger, Erwin 8:14, 47, 50*
Schultze, Max 6:22, 27
Schulze, Johann 4:30; 5:32
Schütz, Wilheim 6:40
Schwabe, Heinrich 6:7
Schwann, Theodor 5:43
Schwartz, David 7:24
Schwarz, Berthold 3:25
Schwarzschild, Karl 7:42
Schwassmann, Arnold 8:14
Schwinger, Julian 8:43
Scot, Michael 3:12, 46, 51*
Scott, David 9:*32*
screw-cutting machine 3:*32*
screw press 2:15; 3:28
screw pumps 2:14, 16, *16*; 3:50
screw threads 6:6, 23
Scribonius Largus 2:20
scuba 8:35
sculptures 1:26, 40
scurvy 4:35
Seaborg, Glenn 8:31, 39, 43; 9:6, *16*, 17, 50–1*
searchlights 7:39, *39*
Searson, Peter 10:34
seawater, heating 2:14
Secchi, Angelo 6:23
secretin 7:22
Sedgwick, Adam 5:38
Rose, William 8:26
Ross, James 5:38
Ross, Malcolm 9:20
Ross, Ronald 7:18
Rossi, Bruno 8:18, 19, 9:19; 10:50–1*
rotary disk cutter 3:12
rotary engines 8:18, *18*
Rotheim, Erik 8:14
roulette wheel 4:10, 50
Rous, Francis 7:31
Roux, Émile 7:10
Roux, Joseph 3:*19*
Rowland, F. Sherwood 9:30
Rowland, Henry 7:6
Royal Institution 5:15, *15*, 51
lectures 5:36, *36–7*, 48
Royal Society, London 3:46
rubber, synthetic 7:11; 8:22
Rubbia, Carlo 10:7, 51*
rubella vaccine 9:19
rubidium 6:*22*, 47
Rubin, Vera 9:38, 10:51*
Rubner, Max 6:43
Rudbeck, Olof 4:10
rudders 1:36, 46, 3:12
Rudolf, Christoff 3:36
Rudolphine Tables 4:6, 48
Rue, Warren de la 6:22
Rumely, Robert 10:7
Rumsey, James 6:8
Rush, Benjamin 5:7
Russell, Bertrand 7:*22*
Russell, Dale 10:38
Russell, Henry 7:*32–3*, 8:15
Russell, John 6:*22*
Rutan, Dick 10:15
ruthenium 5:35
Rutherford, Daniel 4:43
Rutherford, Ernest 7:14, *15*, 17, 27, 31, 43, 46, 50*, 8:7, 8
Ruzicka, Leopold 7:38
rye 1:10
Ryle, Martin 9:12, 22

S

Sabin, Albert 9:13, *13*
Sabine, Edward 6:15
saccharin 6:38
Sachs, Julius von 6:22, 23, 26
Sacrobosco, Johannes de 3:13, 40, 51*
Saha, Meghnad 8:6
sailing ships 3:*34–5*
sails 1:36, 46, 2:20, 3:21, 26, 34, 38
St. Peter's Basilica 3:42, 4:6
Sakel, Manfred 8:18
Salam, Abdus 9:25
salicin 7:36
salicylic acid (aspirin) 6:19; 7:36, *36*, 37
Salk, Jonas 9:6, 7, *7*
Salmonella bacteria 6:*41*
saltpeter 3:17
samarium 6:39
Sanctorius 3:43
Sandage, Allan 9:18
sandwich 4:39
Sanger, Frederick 9:12, 39, 50*
Sanger, Margaret 7:*42*
Santos-Dumont, Alberto 7:24, *24*, 29
Sargon I 1:35, 51
Sasaki, Akio 10:9
satellites, artificial 9:9, 14, *14*, 15, 20; 10:35, 43
astrometry 10:18
communications satellites 9:20, 21, 26, 48
in Earth orbit 9:27, 32, 40, 41; 10:19, 21, *26*, 34, 35, 42, 43
Infrared Astronomical Satellite (IRAS) 10:9
40, 51*
rhenium 8:11
Rheticus 3:36, 40
Rhind, Alexander Henry 1:35
rhinoplasty 3:42, *42*, 5:26
rhodopsin 8:23
riboflavin 8:23, 26
ribonucleic acid (RNA) 6:39; 7:18, 31, 9:12, 18
ribose 7:31
ribosomes 9:12
Riccioli, Giovanni 4:10
rice cultivation 1:11, 16, 17; 2:18–19
Rich, Arthur 10:15
Richard I 3:14
Richard of Wallingford 3:20, 51*
Richards, Paul 10:25
Richardson, Owen 7:34
Richet, Charles 7:*22*
Richter, Burton 9:31
Richter, Charles 8:26, *26*
rickets 4:10, 8:7
Ricketts, Howard 7:30
Ride, Sally 10:9, 16
Ridley, Harold 9:8
Riemann, Bernhard 6:15
Rife, Royal Raymond 8:23
rifles 3:25; 6:26; 7:45; 8:23, 42
Righi, Augusto 6:39
Rillieux, Norbert 6:7
ring compounds 7:38
ring-pull cans 9:20
Rinio, Benedetto 3:21
Ripley, Eleazer 7:44
Rittenhouse, David 4:43
Ritter, Johann 5:18
Ritty, James 6:39
RNA *see* ribonucleic acid
roads 2:15; 4:27, 39, 5:26
Roman 2:7, 15, *22–3*
Robbins, Frederick 8:43
Robert of Chester 3:7, 10
Roberts, Edward 9:40
Roberts, Richard 5:27, 9:38
Robinson, Robert 8:10, 39
Robiquet, Pierre 5:19, 38
robots 9:20, 27; 10:14, 26
Rochas, Alphonse Beau de 6:44, 46
Roche, Edouard 6:11
rock drill, pneumatic 6:31
rockets 3:7, 7, 17, 20, 8:*16–17*, 36–7, 48, 9:8, 9; 10:14, 27
electronic control 7:42
ion propulsion 10:35
launchers 8:16, *17*, 10:27
liquid-fuel 8:14, *14*, *16*, 17, 34, 48
motors 8:*17*; 9:14
propulsion 7:23
solid fuel 5:19, 8:16
V 2 8:17, 34, 35, 36, *36–7*, 38, 43, 9:8
rocking chair 4:*40*
rocks 5:6, 10, *11*, 38, 39
Roebling, John 6:6
Roebuck, John 4:35; 5:8
Roger of Salerno 3:12
Rogers, Alan 9:38
Rogers, Calbraith 7:34
Rogers, Howard 9:19
Roget, Peter 5:27
Rohrer, Heinrich 10:8, 46, 50*
Roland, Georges 9:13
Romanenko, Yuri 10:15
Rømer, Ole 4:18, 28, 46
Ronalds, Francis 6:24
Röntgen, Wilhelm 7:14, *14*
Roosevelt, Franklin D 8:30, *31*
Roosevelt, Theodore 7:40
Rorschach, Hermann 8:6, *6*

8:18, *18*, 50*
tombs 2:8–9, 21
Tomonaga, Sin-Itiro 8:35
Tompion, Thomas 4:18, *18*
tools, stone 1:10, *10*, 12–13, *13*
topology 4:*38*, 7:15
top quark 10:25
torpedo, self-propelled 6:26, *26–7*, 29
torpedo tube 6:29
torque 8:28, *29*
torr 4:51
Torres, Luis de 3:45
Torricelli, Evangelista 4:10, 16–17, 51*
torsion balance 5:6, *6*, 47
Toshi Tada Do 9:41
Tour, Charles Cagniard de la 5:43
Townes, Charles H 9:7, 28
toxicology 5:26
tracheostomy 4:31
tractors 5:16, 47
traffic lights 7:38
trains
high speed, France 10:8
maglev 10:23, *23*
see also railroads
Trajan 2:23
transfer RNA (tRNA) 9:12
transformers 7:6, *7*, 51
Trans-Iron Galactic Element Recorder 10:38
transistor diode 7:47
transistors 8:42, *43*, 45, 9:9, 14, 21, 46, 51; 10:9, 10, 26
junction 9:8, 36, *37*, 51
light emitting (LETs) 10:43
point-contact 9:36, 46, 47, 51
transplants 9:12; 10:13, 19, 24
transposons 9:6, 49
transputers 10:15
traveling wave amplifier 8:39
traveling-wave tube 9:48
Travers, Morris 7:18
treadmills 3:*13*
trebuchet 2:27
trench mortar 4:14
trepanning 1:30, *30*; 10:31
Trésaguet, Pierre 4:39
Trevithick, Richard 4:44–5, 45, 46, 49; 5:18, 24, *24*, *25*, 51*; 7:20
triangulation 3:36
Trichina parasite 5:39
trigonometry 2:34, 41, 47; 3:27, 50, 51
tables 2:29, 3:36, 47, 51
trimethoprim 9:47
triodes 9:36
triphenylmethyl 7:19
triremes 1:36
Trithemius, Johannes 3:30
tritium 8:22; 10:46
trolleycars, electric 6:42; 7:*7*
Tropsch, Hans 8:11
Trotula of Salerno 3:6, 51*
trucks, diesel engined 8:10
tryparsamide 7:42
Ts'ai Lun 2:21, 30, 42
Tschermak-Seysenegg, Erich von 6:21
Tseng Kung Liang 3:6, 24
Tsiolkovsky, Konstantin 7:23, 8:17
Tsu Ch'ung Chi 2:29
Tsvett, Mikhail 7:27
tuberculosis 6:26, 40, 42, 49; 7:18; 8:*21*, 30, 39
tugboats, steam 6:8
test-tube baby 9:25, *25*, 39
tetanus 7:10
tetraethyl lead 8:7
textile machinery 4:43, 5:12–13
Thaddeus of Florence 2:20
Thagard, Norman 10:27
Thales of Miletus 2:46, 51*
thallium 6:22, 47
Theiler, Max 8:18
Thenard, Louis 5:27
theodolite 3:37
Theodoric of Freiburg 3:17
Theodosius I 2:9
Theophrastus of Eresus 2:7, 51*
Theorell, Axel 8:22
thermionic emission 7:34
thermodynamics 5:31, 6:14, 27, 51, 7:27
thermometers 3:42, 4:11, 22, 26, 27, 31
thermonuclear reactions 10:*19*
Thermos flask 7:11, 47
thermostat, bimetallic strip 5:35
Thévenot, Jean de 4:14
Thevet, André 3:37
thiamine (vitamin B) 7:15, 34, 8:23, *27*
Thiel, Ferdinand 10:6
Thimonnier, Barthélemy 5:35
thiophene 6:*42*, 43
Thiout, Antoine 4:30
tholos 2:8
Thom, René 9:30
Thomas, Edward 9:12
Thomas, Sidney 6:39
Thompson, Benjamin 5:15, 48, 50–1*, 51
Thompson, John 7:45; 8:6, *6*
Thomson, Elihu 7:43
Thomson, James 6:12
Thomson, J. J. 6:43, 47; 7:16–*17*, *16*, 18, *18*, 23, *23*, 50; 8:46
Thomson, Robert 6:10
Thomson, William, Lord Kelvin 6:*10*, 11, 15, 18, 47, 49, 51*
thoracic duct 4:10
thorium 5:35, 46, 7:46, 50
Thorpe, John 5:12
Thorvaldson, Erik 2:41, 44
threonine 8:26
threshing machine 5:11, 16
thulium 6:39
thylacine 8:23, 26
thyroid gland 6:42
thyroxine 7:38
ticker tape machines 6:31, 48
Tiemann, Ferdinand 6:35
Tikal 2:12–13, *12–13*
Tilden, William 7:11
tin 1:34, 38
Ting, Samuel 9:31
tires 6:10; 7:7, *21*; 9:9
Tiselius, Arne 8:19
tissue cultures 7:*27*, 31
tissues, disposable 8:11
Titanic (steamship) 7:34, 10:14
titanium 5:11
Titius, Johann 4:43
tobacco 3:30, 37, 44–5
advertising 10:31
smoking 3:44–5, 9:6
tobacco mosaic virus 6:41, 7:18, 8:26
tocopherol 8:7
Todd, Alexander 8:42
toilet, flushing 3:42, 5:6, 46
Tombaugh, Clyde 7:14, 5:32–3, *33*, 39
tallow 1:10
tally stick 1:11, 24
tanks (military vehicles) 7:38
Tartaglia, Niccolò 3:36
tartaric acid 4:42, 51
tartrate crystals 6:50
Tasmanian wolf 8:23, 26
Tatum, Edward 8:34
tau particle 9:38
Taussig, Helen 8:38
taxol 10:24
taxonomy 4:49
Taylor, Brook 4:26, 27
Taylor, Frederick 7:19
Taylor, Geoffrey 8:23
Taylor, Joseph 9:31
Taylor, Roy 10:18
Teal, Gordon 9:9
tea plants 2:29
Tebbutt, John 6:22
technetium 8:*27*, 9:51
teeth, false 1:41, 6:15
Teflon 8:30
Teisserenc de Bort, Léon 7:23
telegraph 4:38, 39; 5:11, 38, 50; 6:7, 46, 48
electric 6:24–5
electrolytic 5:22
needle telegraph 5:38, 42, *42*, 50, 6:25
printing 6:*24*, 25
submarine cables 5:47, 6:18, 46, 51
telegraph code 6:34
telegraph line 6:22
telephone exchange, automatic 7:10
telephone lines 7:11, 19
telephones 6:34, *34*, 46; 7:26
cellular 9:41; 10:*8*, 9
telescopes 3:50; 4:7, 8, 9, 11, 15, 21, 24–5, 5:43, 49; 10:24
100-inch 7:42
aerial 4:24
astronomical 4:*24*, 43
Cambridge Optical Aperture Synthesis Telescope 10:25
Cassegrain 4:25
in Earth orbit 10:19, 21, 28
Galilean 4:*25*
Gregorian 4:47
mirrors 6:18, 49
Newtonian 4:*25*
reflecting 4:14, 21, 24, *24*, 25, *25*, 30, 43, 47, 8:34, *34*, 9:30, 10:13, 25, 38
refracting 3:43; 4:24, 25, *25*, 48; 7:6, 18
Vatican Advanced Technology Telescope 10:24
see also Hubble Space Telescope, lenses, observatories, radio telescopes
teletext 9:33
television 8:12–13, 31
cameras 8:10, 11, 12–13, 14
color 8:13
flat screen 9:41
sets 10:14
Telford, Thomas 5:20
Teller, Edward 8:27
Temin, Howard 9:30
temperature scales 4:26, 31, 35; 6:11, 51
temples, Greek 2:8–9
Tennant, Charles 5:15
Teotihuacán 2:13, *13*
terbium 5:14, 6:7
Tereshkova, Valentina 9:20; 10:9
Terrile, Richard 10:6
Terylene 8:24, *25*, 34
Tesla, Nikola 7:51*
5:10, 36
sulfuric acid 3:17, 48, 4:35
Sulston, John 10:31, 40–1
Sumerians 1:50, 51*
Sumio Iijima 10:19
Sumner, James 8:14
Sun 2:39, 6:10; 8:23
composition of 2:6
distance to 2:46, 4:46; 8:34
eclipse of 1:40, 47; 2:6, 24, 6:22, 27, 30
magnetic field 7:30; 8:42
radar contact with 9:13
radiation measurement 6:42
solar constant 6:35
spectrum 5:18, 26, 7:6
temperature 6:30
sundials 2:6, 46, 3:22–36
sunspots 2:15, 20, 40; 3:43, 48, 4:8, 6:6, 7, 11, 15, 19; 7:14, 8:26, 35, 39
magnetic fields 7:30, 43
superatoms 10:25
superconductivity 7:34, 8:23, 26; 9:46
superconductors 9:25; 10:22–3, 24, 46
high temperature 10:13, 46, 49–50
superglue 9:8
superluminal sources 9:30
supernovas 2:21, 29; 3:6, 7, 12, 37, 43, 47, 7:6, 9:7, 10:13
supersolids 10:39
surface-to-air missile 9:9
surface-to-surface missile 9:8
surgery 1:27, 47, 3:36
heart 7:14, 39; 9:7, 8, 24, 46
via "telepresence" 10:38
surveying instruments 4:30
Sus scrofa 4:19
Su Sung 3:6
Sutherland, Joe 9:26
sutures 6:49; 7:22; 10:18
Sveda, Michael 8:27
Svedberg, Theodor 8:11
Swammerdam, Jan 4:10, 14, 15
Swan, Joseph 6:38, *38*, 48, 8:24
sweat glands 5:38
Swedenborg, Emanuel 4:31
Swift, Lewis 6:23
Swinton, Ernest 7:38
swords, bronze 1:*38–9*
Sydenham, Thomas 4:14, 18
Sylvester, James 6:30
Sylvius, Franciscus 4:7
Symington, William 5:11, 19; 6:8
symmetry 7:42
synapse 7:19
synchrocyclotron 8:38
synchrotron 10:6, 51
Synge, Richard 8:38
syphilis 3:36, 48; 7:26, 31, 37, *37*, 42, 8:47
Syracuse 2:16–17, *17*, *27*
syringes 4:26
Szent-Györgyi, Albert 8:22
Szilard, Leo 8:40

T

al-Tabari, Sahl 2:39
Tacke, Ida 8:11
Taejong 3:20, *28*
Taft, William Howard 7:40
Tagliacozzi, Gaspare 3:42, *42*
Talbot, William Fox
stellar parallax 3:51
stem cells 10:31, 39
Stephenson, George 5:24, 26, 31, *31*, 34, 48, 50*
Stephenson, Robert 5:24, 31, 50, 6:14
Steptoe, Patrick 9:25
stereoscope 5:38, *38*
sterilization 1:41
steroids 7:34
stethoscope 5:27
Stevens, John 5:22, 6:9
Stevens, Nettie 7:26
Stevin, Simon (Stevinus) 3:11, 42, 43, 51*
Stibitz, George 8:27
Still, Andrew 6:34
Stirling, Robert 5:26
stirrups 2:28, *28*, 35
Stock, Alfred 7:31
stocking frame 4:38
Stokes, George 6:15
Stone, Edward 7:36
Stonehenge 1:26, *34*, 35, 40
Stoney, George 6:31, 35, 7:11, 17
Stopes, Marie 7:42, *42*
stoves 4:34, *40*; 8:7
Strasburger, Eduard 6:35, *35*; 7:14
Strassmann, Fritz 8:30, 40
Strauss, Joseph 8:27
street lighting 2:28
Streptococcus bacterium 6:39
streptomycin 8:*21*, 34, 38, 42
Stringfellow, John 6:10, *11*, 27, 7:29
stroboscope 5:38
Strohmeyer, Friedrich 5:27
Strömgren, Bengt 8:31
strontium 5:14
Stroustrup, Bjarne 10:15
Strowger, Almon 7:10, 26, *26*
Strutt, Jedediah 4:38
Strutt, John, Lord Rayleigh 6:38, 7:14, 16, 51*
Struve, Otto 8:30
Struve, Wilhelm 7:50
strychnine 5:27, 8:39, 9:51
Stuart, Herbert 6:44; 7:10
Stumpe, William 3:37
Sturgeon, William 5:31, 42
Sturm, Jacques 5:34
Sturtevant, Alfred 7:34, 10:40
subatomic particles 8:8–9, 9:48; 10:51
submachine guns 8:6
submarines 5:6, 48, 6:23, 28–9; 7:19; 8:18, 10:42
human powered 3:42
nuclear-powered 9:9, 20
sonic detection 7:50
submarine telegraph cables, transatlantic 6:18, 46, 51
substances, classification 2:39, 51
subways
London Underground 6:23, *23*
New York 7:23
Paris Metro 7:18; 10:35
al-Sufi, 'Abd al Rahman 2:41, 51*
sugar, fermentation 7:15
sugar beet 4:35
sugarcane 1:11
sugars, test for 6:6
Suger, Abbé 3:7
sulfanilamide 8:22
sulfapyridine 8:30
sulfur 2:6, 38, 51; 4:48
sulfur dioxide 4:50,
20, 22
Stahl, Franklin 9:12
Stahl, Georg 4:*22*, 51*
Stanhope, Charles 5:18
Stanley, Wendell 8:26
Stanley, William 7:6
Stanley brothers 7:21
stannite 1:38
starch 6:23, 39
Stanley, James 6:31
starlight, aberration of 4:30
Starling, Ernest 7:22
stars 6:*27*; 7:18, *32*, *33*; 10:7, 30, *30*, 31
almanac 3:7
apparent magnitude 7:32
binary 4:10; 7:11, 8:7, 10:38
catalogs 1:34, 2:20, 21, 48, 49, 3:21, 51, 4:26, 39, 47, 48, 5:49, 6:23, 7:7
Chinese charts 2:28, *28*
classification 6:*23*, 7:22, 30, 32; 8:38, 10:49
constellations 1:34; 2:39
creation of 5:23
determining position 1:40
distances 5:43, 7:34
flare star 8:10, 10:49
locations 10:18
mass–luminosity relationship 8:10
motions of 4:27, 43, 10:49
nearest to Sun 7:39
neutron 8:23, *23*
occlusion 3:31
positions of 3:27
receding 6:*27*
spectra 6:31; 7:32
stellar associations 8:42
variable 3:42, 48; 4:19, 5:10; 7:42, *42*, 48
white dwarfs 7:*32*, *33*, 38; 10:49
see also galaxies, pulsars, Sun, Universe
Stas, Jean Servais 6:26
Staudinger, Hermann 8:7
steamboats 5:19, 22
paddleboats 5:7, 11, 22, *22*, 48
steam digester 4:18, 49–50
steam dredger 5:19
steam engines 4:*22*, 42, 44–5; 5:7, 8–9, *8–9*, 51
efficiency measurement 6:19
traction engines 5:17
steam locomotives 5:18, 23, *23*, 24, *24*, *31*, 34, *34*, 35, 50, 51; 6:7; 8:30
air brakes 6:*27*, 51
articulated 6:23
geared 6:38
superheaters 7:18
vacuum brakes 6:51
steam-powered road vehicles 5:10
steamships 6:8–9, 19, 46–7
steam turbine 2:20, 49; 4:6, 7:15, 18
stearic acid 5:31
steel 1:38–9; 2:28, 6:39
arc welder 7:43
crucible process 4:34
galvanizing 4:34
"high speed" 7:19
open hearth process 6:26
Wootz steel 2:*19*
Steenstrup, Johann 6:7
steering mechanisms, road vehicles 5:27
Stefan, Josef 6:39
Stein, William 9:6
Steinman, David 7:42
stelae 2:9, *12*, 24

Chinese 1:24
cuneiform 1:24, 26, 46, 51
writing materials 2:30, 42
Wu, Maw-Kuen 10:22
Wundt, Wilhelm 6:34
Wurtz-Fittig reaction 6:30
Wu Tse 2:34
Wyatt, John 4:34

X
X-chromatin 9:18
xenon 7:18, 51; 9:18, 10:43
Xenophanes 2:6
xerography 8:27, 27, 46
Xiao Wen 2:29
X-ray crystallography 7:34, 38
X-rays 7:14, 14, 18, 19, 22, 35, 50; 8:11, 14
extraterrestrial 9:19, 10:19, 51
X-ray tubes 7:35, 35
xylocaine 8:35

Y
yaks, domestication 1:27
Yale, Linus 6:26
Yalow, Rosalyn 9:6
Yamasaki, Minoru 9:32
yams, cultivation 1:26
Yang Liwei 10:42
Yanofsky, Charles 9:24
Yeager, Charles "Chuck" 8:42, 42
Yeager, Jeana 10:15
year, length of 2:41, 46, 49
yeast 5:43, 43
yellow fever 7:19, 8:18
Yersin, Alexandre 7:10
Yi-Xing 2:35; 3:22
Yoichiro Nambu 9:24
Yoshiro Nakamatsu 9:8
Young, Charles 6:30
Young, Thomas 4:29, 48, 5:18
ytterbium 5:14
yttrium 5:14
Yu Hsi 2:29

Z
Zadeh, Lotfi 9:26
Zamecnik, Paul 9:12
al-Zarqali (Arzachel) 3:6, 7, 51*
zebu, domestication 1:50
Zédé, Gustave 6:28
Zeeff, Jon 10:27
Zeeman, Pieter 7:15; 8:50
Zeidler, Othmar 6:34
Zelandino, Guglielmo 3:20
Zener, Clarence 9:14
Zeno of Elea 2:6, 6, 51*
Zeppelin, Graf Ferdinand von 7:19, 24–5, 25
Zermelo, Ernst 7:30
Zernicke, Frits 8:22
zero 2:24, 32, 35, 40, 47; 3:12
Zhang Heng 2:20, 21
Zheng Yin 2:40
Zhou Kung 3:17
Zhu Di 3:38
Ziegler, Karl 9:7, 13
ziggurats 1:32, 35, 51
zinc production 4:34
Zinjanthropus boisei 9:49
Zinn, Walter 9:6
Zinsser, Hans 8:19
zirconium 5:11
Zoll, Paul 9:18; 10:51*
Zu Chong Zhi 2:29
Zuse, Konrad 8:30, 34
Zwicky, Fritz 8:22, 23, 23
Zworykin, Vladimir 8:10, 12, 13, 13, 51*; 9:14
zymase 7:23

34, 51*
Whitworth, Joseph 6:6
Widmanstätten, Alois 5:23
Wieland, Heinrich 7:34
Wiener, Norbert 8:42
Wildt, Rupert 8:26
Wiles, Andrew 10:24
Wilkes, Maurice 8:43
Wilkins, Maurice 9:6, 10, 11
Wilkins, Robert 9:6
Wilkinson, David 5:18
Wilkinson, John 4:43, 5:6, 11
Willadsen, Steen 10:12, 32
Willard, Huntington 10:30
Willcocks, William 7:23
William of Moerbeke 3:17
William of Ockham 3:47
Williams, Daniel 7:14
Williams, Frederick 8:39
Williams, Robert 8:23, 27
Williams, Roger 8:23
Willis, Thomas 4:11, 14
Willstätter, Richard 7:26
Wilmut, Ian 10:30, 32, 33, 33
Wilsdorf, Hans 7:26
Wilson, C. T. R. 7:34; 8:8
Wilson, Edmund 7:26
Wilson, Robert 8:48, 9:19, 19, 25
Wilson, Woodrow 8:6
winch 3:13
Windaus, Adolf 8:19, 22
windmills 2:34; 3:7, 8–9, 20; 4:51
bonnet mills 3:26–7, 27
post mills 3:9
wind tunnel 6:31; 7:51
wine 1:18, 26, 34, 51
medicinal 2:46
Winkel, Dietrich 5:26
Winkler, Clemens 6:32, 7:6
Winogradsky, Sergey 7:10
Winstanley, Henry 4:22, 23
Winthrop, John 4:42
wire rope-making machine 6:6
Wirsung, Johann 4:7
Wirth, Niklaus 4:50; 9:32
Withering, William 5:10
Witt, Gustav 7:19
Wöhler, Friedrich 5:35
Wolf, Charles 6:27
Wolf, Max 6:43; 7:11, 27; 8:7, 7
Wolf, Rudolf 6:7
Wollaston, William 5:18, 23, 26
Wood, Jethro 5:16, 27
Wood, Robert 7:18
woodblock printing 2:35, 35, 43, 43
Woodward, John 4:23
Woodward, Robert 8:38, 9:13, 18, 25, 30, 51*; 10:48
wool carding 4:34
Worde, Wynkyn de 3:31
word processing 9:41
World Health Organization (WHO) 8:43
World's Columbian Exhibition 6:17
World Trade Center 9:32; 10:42
World Wide Web 10:11, 21, 44–5
wounds, treatment of 3:17
Wozniak, Stephen 9:40
Wright, Almroth 7:15; 8:47
Wright brothers 5:47; 7:23, 28, 29, 29, 49, 51*
writing 1:24–5

2:29, 35, 40, 47; 3:6, 22
astronomical 2:30
watermills 2:20; 4:51
floating 2:34
water pipes 1:27
water power 2:36–7
waterproof fabric 5:31
waterwheels 1:21; 2:36, 4:38, 50
breastshot 2:36
horizontal 2:20, 36
norias 2:36–7, 37
overshot 2:28, 36, 37, 37; 6:12
pitchback 2:36
undershot 2:15, 36, 37, 37, 51; 3:17
Watson, James 9:6, 10–11, 10; 10:19, 40, 51*
Watson, John 7:38, 43; 8:11
Watson, Thomas 6:46
Watson-Watt, Robert 7:43, 8:26, 32
Watt, James 4:42, 44, 45, 49, 51; 5:7, 8–9, 20, 48, 51, 6:8
wave-particle duality 8:10, 46, 50
weather satellites 9:20
weaving 1:19, 19; 3:37
Weber, Wilhelm 5:38, 6:25
Wedgwood, Thomas 5:32
Weidlitz, Hans 3:36
weights 1:27, 44–5, 51; 2:40; 3:20, 30
Weimer, Paul 9:21
Weinberg, Steven 9:25
Weinberg, Wilhelm 7:30
Weismann, August 7:7
Weiss, E. 6:31
Weiss, Pierre 7:27
Weizmann, Chaim 7:34
Weizsäcker, Carl von 8:38
Welch, William 7:11
welding, iron 1:40
Weller, Thomas 9:19
Wells, Horace 6:7
Wenham, Francis 6:31
Wenner-Gren, Axel 9:8
Werner, Abraham 5:6
Wessel, Caspar 5:15
Wesson, Daniel 5:41, 6:15
Western Union Telegraph Company 6:25
Westinghouse, George 6:27, 48, 51*; 7:51
Weston, Edward 7:9, 30
Westphal, Carl 6:34
wheat
durum wheat 1:11, 17
einkorn wheat 1:10, 16, 16–17
emmer wheat 1:10, 16, 17, 18
hexaploid 1:16
wild 1:16
Wheatstone, Charles 5:38, 42, 50, 6:25
wheelbarrows 1:20; 2:21, 30
wheeled toys 1:21, 21, 35
Wheeler, Artemus 5:41
Wheeler, John 8:40
wheels 1:20–1, 26, 47, 51
potter's 1:20, 20, 26, 50, 51
spoked 1:35, 47, 51
Whinfield, John 8:24, 34
Whipple, Fred 8:43, 43
Whipple, George 8:10, 11
whiskey distillery 3:17
Whistler, Daniel 4:10
White, Gilbert 5:11, 11
White, Rollin 5:41
White, Tim 10:24
white blood cells 6:27
Whitehead, Robert 6:26, 29
Whitney, Eli 5:14, 14, 47, 51*
Whittle, Frank 8:18,

Villard, Paul 7:19
Villemin, Jean 6:26
Vinci, Leonardo da 3:30, 30, 32–3, 7:28, 8:28
Vinogradov, Ivan 8:27
Violle, Jules 6:35
Virchow, Rudolph 6:10, 18, 18
viruses 6:41, 41, 7:18, 10:50
cancer-causing 7:31
combining 8:39
culturing 8:19
Ebola 9:38, 10:24
Sabia 10:24
SARS 10:38, 38
synthetic 10:38
see also computer viruses
viscosity 10:18
vitamins 7:15, 27, 34, 35, 38, 8:7, 19, 22, 23, 26, 27, 30, 35, 43; 9:12, 30, 48, 51
vitreous enamel 1:41
Vitruvius Pollio, Marcus 2:20, 36, 51*; 3:32
Viviani, Vincenzo 4:16, 27, 51
Vogel, Hermann 7:11
Voigt, Woldemar 7:19
Voit, Karl von 7:11
Volta, Alessandro 5:7, 18, 18, 48; 6:24, 7:8, 9, 9
volumes, calculation of 2:20
vortex wheel 6:12
vote recorder 6:48
Vries, Hugo de 6:21, 7:7
Vuillemin, Paul 8:21
vulcanization 5:43, 6:7
Vulpian, Edme 6:19

W
Waage, Peter 6:23
Wachmann, Arno 8:14
Wade, Leigh 8:11
Wagner, Rudolf 6:15
Wagner-Jauregg, Julius 7:42
Waksman, Selman 7:39, 8:21, 34, 38
Walcher, Prior 3:6
Wald, George 8:23
Walden, Paul 7:15
Waldeyer-Hartz, Wilhelm von 7:7
Walker, John 5:34
Wallace, Alfred Russel 5:45
Waller, Fred 9:9
Wallis, Barnes 8:19
Wallis, John 4:11, 14
wall quadrant 2:41
Wallwork, John 10:13
Walsh, Donald 9:20
Walshaert, Égide 6:7
Walton, David 10:12
Walton, Ernest 8:8, 8, 22, 40, 40
Wang, An 9:9
Wang Chen 3:17, 28
Wang Ch'ung 2:20; 3:18
Wang Tao 2:35
Wan Hu 3:31
Wankel, Felix 6:45, 8:18, 18, 9:14
Warburg, Otto 8:10
Warren, David 9:14
Warren, Henry 7:39
warships 6:19, 22, 7:27, 27, 9:32
Washkansky, Louis 9:46
Wassermann, August von 7:26
watches 3:22–3; 4:18, 7:26
automatic winding 4:43
copper-zinc alloy 4:30
hairspring 4:11, 18, 48
lever escapement 4:38
repeating 3:23, 4:18
self-winding 8:11
water 4:39, 49, 5:10, 46–7
filtration 7:11
water clocks 1:40, 40, 48,

V
vaccination 5:14, 14
smallpox 4:23, 30
vaccines 6:41, 51, 7:6, 6, 15, 18, 26, 35; 8:18, 19; 10:6
measles 9:13
polio 9:6, 7, 7, 13, 13
rubella 9:19
synthetic 10:7
vacuum 2:10; 4:16–17
sound in 4:11
Torricellian 4:10, 51
vacuum (air) pump 4:11, 16, 16–17, 17, 23, 46
vacuum bottle 7:11, 47
vacuum cleaners 7:22, 22
vacuum evaporator 6:7
vacuum pump 7:16
vacuum tubes (valves) 6:47, 48, 10:10
diode 7:13, 23, 46, 47
pentode 7:46
tetrode 7:46
triode 7:26, 46, 47
Vail, Alfred 5:50; 6:25
valence 6:14, 19
valves
controlling fluid flow 10:42
see also vacuum tubes
van Alen, William 8:19
van Allen, James 9:15
van Beneden, Edouard 6:35
van de Graaff, Robert 8:19
van der Hulst, Hendrik 8:38
van der Waals, Johannes 6:35
van der Waerden, Bartel 8:18
van Drebbel, Cornelius 3:42
van Helmont, Jan 3:43
van House, James 10:15
vanillin 6:35
vanishing point 4:27, 27
van Leeuwenhoek, Antonie 4:15, 18, 22, 49*, 6:40
van Marum, Martinus 5:36
Van Tassel, James 9:41
van't Hoff, Jacobus 6:35
vapor densities 6:31
Varian brothers 8:30, 33
Varmus, Harold 9:38
Varoli, Constanzo 3:37
Vaucanson, Jacques de 4:43
Vauquelin, Nicolas 5:14, 15, 19, 23
vectors, three-dimensional 6:42
veins 2:7; 3:43
Veksler, Vladimir 8:38
vellum 2:42
Venn, John 6:43, 43
Venter, J. Craig 10:40–1
Venus 1:47, 2:24, 8:22, 22
space probes 9:20, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 40, 41, 41; 10:9, 20, 20–1, 26, 43
transit of 4:6, 39, 42
Vermuyden, Cornelius 4:10
Verne, Jules 5:48
Vernier, Pierre 4:6
Verrochio, Andrea del 3:32
Vesalius, Andreas 3:17, 36, 36
Vespasian 2:26
video cassettes 9:41
video games 9:33
videotape recorder 9:14
Viete, François 3:10
viewdata service 9:41
Vigneaud, Vincent du 8:35; 9:7
Vikings 2:41, 44–5

Tull, Jethro 4:23, 23, 31; 5:16
Tully, R. Brent 10:13
Tulp, Nicolaas 4:7, 7
tungsten 4:51; 7:16
Tunguska event 7:31, 31
tunneling shield 5:26
tunnels 1:46, 2:6, 48, 6:7
Channel Tunnel 10:20, 26, 26–7
Chesapeake Bay 9:21
Mont Blanc (road) 9:26
railroad 10:14
road 10:42
St. Gotthard 9:40; 10:8
Simplon 7:26
under Euphrates River 1:35
Tupolev, Andrei 9:26
turbines
multistage steam 6:43
reaction turbine 6:11, 11, 12, 12
water 5:34, 6:12–13, 31
Turck, Fred 10:13
Turing, Alan 8:27, 35, 45, 50–1*; 9:8
al-Tusi, Nasir al-Din 3:16
al-Tusi, Sharaf al-Din 3:7
Tutankhamen 1:38, 39
Tuttle, Horace 6:23
Twiss, William 5:20
Twort, Frederick 7:38
Tyndall, John 6:23, 30, 30; 10:36
typesetting machine 5:30
typewriters 4:27, 7:11, 9:15, 20
typhoid fever 4:11, 5:43, 6:39, 40, 43; 7:15; 8:47
typhus 5:43; 7:30; 8:19
tyrothricin 8:30

U
Ulloa, Antonio de 4:34
ultracentrifuge 8:11
ultrasound 7:39; 9:13
ultraviolet radiation 8:11
Ulugh Beg 3:21, 51*
umbrellas 1:34; 2:28
uncertainty principle 8:14, 15
undulator 10:6
unified field theory 7:47, 8:18
uniformitarianism, theory of 5:10
United States (steamship) 9:9
universal joint 4:18, 48
Universe 4:8–9, 9; 7:49
big bang theory 8:14, 42, 48, 48–9; 9:19; 10:6, 47
Earth-centered 2:7, 51
infinite 3:41, 42, 47
inflationary 10:6, 47
light paradox 5:34, 50
steady-state theory 8:42
Sun-centered 3:36, 40–1, 47
see also galaxies, planets, stars
upsilon particle 9:39
uranium 5:11, 35; 7:46, 50; 8:40; 10:39
isotopes 8:26, 31, 40
uranium fission 8:30, 34, 40, 41
Uranus 5:30, 49; 8:42
moons 5:11, 49, 6:14, 49; 10:12, 12–13, 30, 31
rings of 9:38, 38
space probes 9:35; 10:12, 15
Urbain, Georges 7:27
Ure, Andrew 5:35
urea 5:35
urease 8:14
Urey, Harold 8:22, 51*
uric acid 4:51; 5:6
Usherwood, William 6:18

Further Reading قراءات إضافية

Williams, T. I., *A History of Invention*, Time Warner Books, 2003.

خاصة بهذا المجلد

Specific to this Volume

Brockman, J. (ed.), *The Greatest Inventions of the Past 2,000 Years*, Weidenfeld & Nicolson, 2000.

Fagan, B. M. (ed.), *The Seventy Great Inventions of the Ancient World*, Thames & Hudson, 2004.

Hill, D., *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, Routledge, 1998.

James, P., and N. Thorpe, *Ancient Inventions*, Michael O'Mara Books, 1999.

Landels, J. G., *Engineering in the Ancient World*, Constable, 2000.

Martin, S., *Alchemy and Alchemists*, Pocket Essentials, 2001.

Pearson, A., *Ancient Greece*, Dorling Kindersley, 2004.

What Life Was Like When Longships Sailed, Time-Life Books, 1998.

Wilkinson, P., *What the Romans Did for Us*, Boxtree, 2000.

Woodman, R., *The History of the Ship*, Conway Maritime Press, 1997.

مراجع للمصطلحات

Terminology Reference

Clark, J. O. E., and S. Stiegler (eds.), *The Facts on File Dictionary of Earth Science*, Checkmark Books, 2000.

Daintith, J. (ed.), *A Dictionary of Chemistry*, Oxford University Press, 2000.

Daintith J., and J. Clark (eds.), *The Facts on File Dictionary of Mathematics*, Facts on File, 1999.

Darton, M., and J. Clark, *The Macmillan Dictionary of Measurement*, Macmillan, 1994.

Illingworth, V. (ed.), *Collins Dictionary of Astronomy*, HarperCollins, 1994.

Waites, G., *The Cassell Dictionary of Biology*, Cassell, 1999.

The Hutchinson Dictionary of Scientific Biography, Helicon, 2000.

The Inventions that Changed the World, Reader's Digest, 1982.

McLeish, J., *Number*, Bloomsbury, 1991.

Margotta, R., *The History of Medicine*, Octopus, 1996.

Meadows, J., *The Great Scientists*, Oxford University Press, 1997.

Messadié, G., *Great Inventions through History*, Chambers, 1991.

Messadié, G., *Great Scientific Discoveries*, Chambers, 1991.

Millar, D., et al., *The Cambridge Dictionary of Scientists*, Cambridge University Press, 1996.

Muir, H. (ed.), *Larousse Dictionary of Scientists*, Larousse, 1994.

Parry, M. (ed.), *Chambers Biographical Dictionary*, Chambers, 1997.

Philip's Astronomy Encyclopedia, George Philip Limited, 2002.

Philip's Science & Technology Encyclopedia, George Philip Limited, 1998.

Philip's Science & Technology People, Dates & Events, George Philip Limited, 1999.

Porter, R., *The Greatest Benefit to Mankind*, HarperCollins, 1997.

Tallack, P (ed.), *The Science Book*, Cassell, 2001.

Trefil, J., *Cassell's Laws of Nature*, Cassell, 2002.

Waller, J., *Fabulous Science*, Oxford University Press, 2002.

Webster's Biographical Dictionary, G. & C. Merriam, 1971.

What Happened When?, HarperCollins, 1994.

Whitfield, P., *Landmarks in Western Science*, The British Library, 1999.

Williams, T. I. (ed.), *A Biographical Dictionary of Scientists*, Adam & Charles Black, 1974.

عامة

General

Allaby, M., and D. Gjersten, *Makers of Science*, Oxford University Press, 2002.

Asimov, A., *Asimov's Biographical Encyclopedia of Science and Technology*, Avon Books, 1972.

Boorstin, D. J., *The Discoverers*, Random House, 1983.

Boyles, D., *The Tyranny of Numbers*, HarperCollins, 2000.

Bunch, B., and A. Hellemans, *The Timetables of Science*, Simon and Schuster, 1988.

Bunch, B., and A. Hellemans, *The Timetables of Technology*, Simon and Schuster, 1993.

Carey, J. (ed.), *The Faber Book of Science*, Faber and Faber, 1995.

Crystal, D. (ed.), *The Cambridge Biographical Dictionary*, Cambridge University Press, 2000.

Daintith, J. (ed.), *A Dictionary of Scientists*, Oxford University Press, 1999.

Day, L., and I. McNeil (eds.), *Biographical Dictionary of the History of Technology*, Routledge, 1998.

Diamond, J., *Guns, Germs and Steel*, Vintage, 1998.

The Dictionary of National Biography, Oxford University Press, 1982.

Dyson, J., and R. Uhlig (ed.), *A History of Great Inventions*, Robinson, 2002.

le Fanu, J., *The Rise and Fall of Modern Medicine*, Little, Brown and Company, 1999.

Giscard d'Estaing, V-A., *The Book of Inventions and Discoveries*, Macdonald Queen Anne Press, 1990.

Gribbin, J., *Science, A History*, BCA, 2002.

Harrison, I., *The Book of Inventions*, Cassell, 2004.

Hoskin, M. (ed.), *The Cambridge Concise History of Astronomy*, Cambridge University Press, 1999.

Useful Web Sites مواقع مفيدة على الويب (الشبكة العنكبوتية)

http://www.atomicmuseum.com/
Web site of the National Atomic Museum (soon to be renamed the National Museum of Nuclear Science and History), Albuquerque, New Mexico.

http://www.howstuffworks.com
A comprehensive Web site that gives detailed explanations of how everything around us actually works.

http://www.mhs.ox.ac.uk/
Web site of Oxford University's Museum of the History of Science.

/http://www.nasa.gov

Official Web site of the National Aeronautics and Space Administration (NASA) with links to learning resources and information for students, and full details of all missions.

http://www.nasm.si.edu/
Web site of the Smithsonian National Air and Space Museum, Washington, D.C.

http://www.nscdiscovery.org/
Web site of the National Science Center, Augusta, Georgia.

http://nobelprize.org/
Official Web site of the international Nobel Prize awards given annually since 1901 for achievements in physics, chemistry, medicine, literature, and for peace. Click on "list of all prizewinners" and then on individual links to read about award winning achievements.

http://www.psigate.ac.uk/
Physical Sciences Information Gateway provides access to Web resources in the physical sciences, including astronomy, chemistry, earth sciences, materials sciences, physics, and general science.

http://whyfiles.org/
University of Wisconsin Web site that explains the science behind the news.

عزيزي القارئ للحصول على نسخة من أي كتاب من قائمة الكتب

يرجى مراسلة المؤسسة على العنوان التالي:

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي - برنامج نشر المعرفة العلمية والتكنولوجية

ص.ب 25263 - الصفاة

13113 الكويت

ت: 22278100

فاكس: 22278151

E-mail: author@kfas.org.kw

www.kfas.org

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

KFAS
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

المؤسسة في سطور

- أنشئت مؤسسة الكويت للتقدم العلمي (مؤسسة خاصة ذات نفع عام) بموجب مرسوم أميري صدر في 21 ذي الحجة 1396 هـ الموافق 12 ديسمبر 1976م.
- يدير المؤسسة مجلس إدارة يرأسه حضرة صاحب السمو أمير البلاد (حفظه الله) ويضم ستة أعضاء آخرين.
- تعتبر المؤسسة من بين هيئات النفع العام وتتلقى الدعم من الشركات المساهمة الكويتية من صافي الأرباح السنوية لهذه الشركات.
- الهدف العام للمؤسسة هو المعاونة في سبيل التطور العلمي والحضاري.



أهداف المؤسسة

- دعم الأبحاث الأساسية والتطبيقية من خلال منح تقدمها في مجالات العلوم الطبيعية والهندسية والصحية والغذائية والاجتماعية والاقتصادية وغيرها.
- تقديم المنح لتشجيع ودعم الأبحاث المتعلقة بالمشاريع وأعمال التطوير والتجارب ذات الصلة بالاقتصاد الكويتي.
- تقديم المنح والجوائز والمكافآت لدعم التطور الفكري في الكويت والأقطار العربية الأخرى.
- العمل على تدريب المواطنين الكويتيين من خلال منحهم بعثات وزمالات بغرض الدراسة والتدريب وكذلك إقامة الندوات والمؤتمرات العلمية.
- تشجيع ودعم وتنمية مشاريع البحوث والبرامج العلمية المشتركة بين الهيئات العلمية الكويتية من جهة والعربية والدولية من جهة أخرى.



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

ص.ب 25263 الصفاة 13113 الكويت

E-mail:author@kfas.org.kw

www.kfas.org